

10/018611
JCL3 Rec'd PCT/PTO 17 DEC 2001

IN THE UNITED STATES
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

PATENT APPLICATION

Applicants: **PETERS, Michiel Gerard;**
VAN DER TOL, Johannes Jacobus Gerardus Maria

Case: **PTT-130 (402559US)**

International Application No.: **PCT/EP00/06403**

International Filing Date: **05 July 2000**

Priority Date Claimed: **12 July 1999**

Title: **OPTICAL TRANSMISSION NETWORK HAVING A PROTECTION
CONFIGURATION**

COMMISSIONER FOR PATENTS
BOX PCT
Washington, D. C. 20231

S I R:

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

In connection with the above-captioned application, applicants enclose the following certified priority document (with English translation) to support the claim to priority:

Netherlands - Serial No. 1012568, filed
July 12, 1999.

Respectfully submitted,

Peter L. Michaelson
Peter L. MICHAELSON, Attorney
Reg. No. 30,090
Customer No. 007265
(732) 530-6671

14 December 2001

10/018611
JC13 Rec'd PCT/PTO 17 DEC 2001

MICHAELSON & WALLACE
Counselors at Law
Parkway 109 Office Center
328 Newman Springs Road
P.O. Box 8489
Red Bank, New Jersey 07701

*****EXPRESS MAIL CERTIFICATION*****

"Express Mail" mailing label number: EV031805666US
Date of deposit: 17 December 2001

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner for Patents, Box PCT, Washington, D.C. 20231.

Peter L. Michaelson
Signature of person making certification

Peter L. MICHAELSON
Name of person making certification

10/018611

JC13 Rec'd PCT/PTO 17 DEC 2001

KINGDOM OF THE (crest) NETHERLANDS

PATENT OFFICE

This certifies that in the Netherlands, on 12 July 1999, a patent application was filed under number 1012568, in the name of:

Koninklijke KPN N.V.

of Groningen

for: "Optical transmission network having a protection configuration."
and that the documents attached hereto are in accordance with the documents originally filed.

Rijswijk, 28 april 2000.

On behalf of the Chairman of the Patent Office,

(signature)

A.W. v.d. Kruk.

G. ABSTRACT

An optical transmission network with protection configuration comprises an operational connection (WF) for signals having a high priority (tr_h) and a protection connection (PF) for the transmission of high-priority signals (tr_h) in the event of an error condition of the operational connection (WF). In the protection connection (PF), switching elements (S_1, S_2) are located having therebetween a section (PF_1) over which, in the event of undisturbed operation, a signal of low priority (tr_l) is conducted. The switching means are controlled by detection means ($M_1/C_1, M_2/C_2$). In the event of an error condition, the high-priority signal on the protection connection is detected, and the switching means are switched in such a manner that a low-priority signal transmission is no longer possible. The low- and high-priority signals may be WDM signals, and the section may be part of an optical annular network.

(FIG. 1)

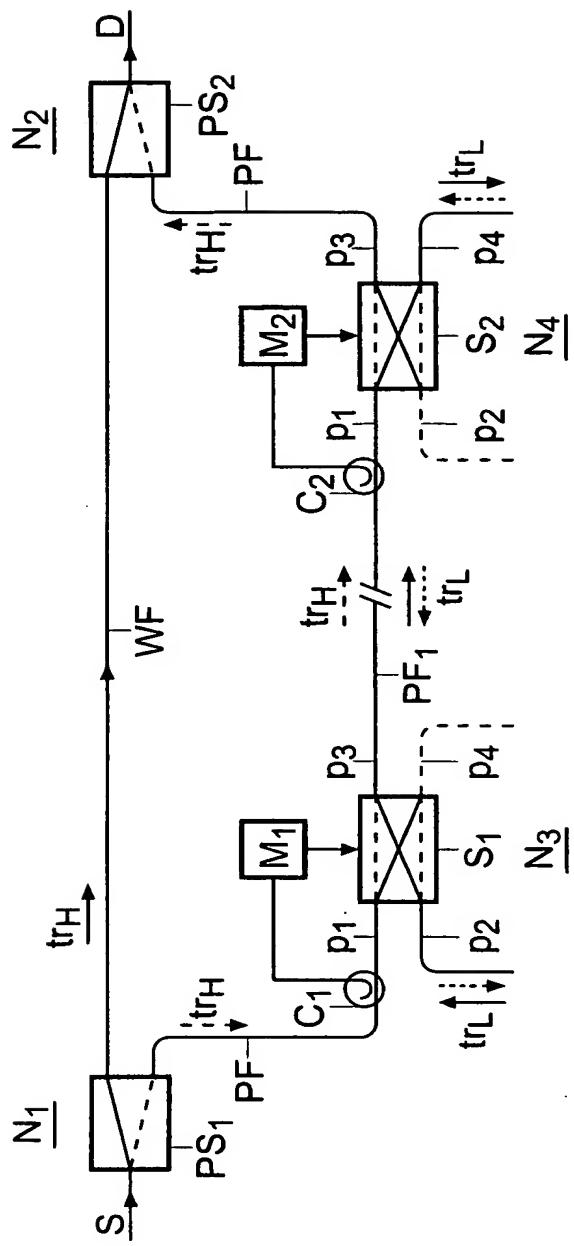


FIG. 1

Optical transmission network having a protection configuration.

A. BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention lies in the area of optical transmission networks. More in particular, it concerns an optical transmission network having a protection configuration for transmitting optical signals having a low and a high priority, according to the preamble of claim 1.

Such an optical transmission network is disclosed in reference [1] (for more bibliographical detail, see below under C.).

For a protection configuration in optical transmission networks, basically four schemes are known, which are denoted by 1+1 protection, 1:1 protection, 1:N protection and M:N protection, respectively. Said schemes relate to signal transmission over one (schemes 1+1 and 1:1) or more (schemes 1+N and M:N) operational fibre connection(s) ("working fibre(s)") and one (schemes 1+1, 1:1 and 1:N) or more (sheme M:N) protection fibre connection(s) ("protection fibre(s)'), hereinafter to be referred to as an operational connection and a protection connection, respectively. In the 1+1 scheme, the signal transmission takes place over the operational connection and the protection connection simultaneously, the destination side selecting either of the two connections for receipt. In the 1:1 scheme and in its more general forms - the schemes 1:N and M:N - a protection connection is basically taken into use for signal transmission only in the event that the signal transmission over an operational connection is disturbed, such as, e.g., due to fibre rupture. With said three schemes, under normal, i.e., undisturbed operation, the protection connection is therefore not in use. Such connections, which are not used under normal circumstances, may be used for traffic having a low priority, as is known (see reference [1]), to increase the total traffic capacity , which traffic has to make way, however, for protection traffic which, in the event of a disturbed operational connection, is led via the protection connection, and which is assigned a high priority. In order not to disturb the protection

traffic having a high priority, or at least to disturb it as little as possible, said making way must take place as fast as possible. In optical transmission networks, to which such protection schemes are being applied, switching over to a protection connection in most cases occurs under the control of a central operating system, or by way of a signalling protocol.

5 The removal of the traffic having a low priority from a protection connection to be taken into use for protection traffic, too, might take place by intervention of a central control or by way of a signalling protocol expanded for that purpose. This would take place much too slowly, however.

10 Therefore, there is the desire in a transmission network of the type referred to above to have the low-priority traffic on a protection connection give way to the high-priority traffic

15 without intervention of a central control, or without applying any signalling protocol.

B. SUMMARY OF THE INVENTION

The object of the invention is to provide for an optical transmission network of the type referred to above, which accommodates the desire referred to above. For this purpose, the transmission system of the type referred to above according to the invention is characterised as in claim 1. In this connection, the invention makes use of the fact that, by means of optical detection of the presence of protection traffic on the protection connection it may be decided, in the optical domain itself, when the low-priority traffic of a relevant part of the protection connection must make way. In general, for the detection may be applied detection means may be applied which are selective for one or more signal characteristics in which the signals having high and low priorities differ from one another, such as, e.g., in wavelength, in transmission direction, or also via a signal component specific to the high-priority signal, such as a pilot signal. For this purpose, in preferred embodiments the invention has the characteristics of claim 2, claim 3 and claim 4, respectively.

Annular optical networks are typically suitable to the application of protection configurations according to a 1:1 scheme or, in the event of WDM rings (WDM = Wavelength Division Multiplex) according to a 1:N scheme or an M:N scheme. In this connection, the protection may take place at the level of an optical-multiplex section (= OMS) of such a ring, such as, e.g., disclosed in reference [2], or at the level of an optical channel (= OCH). A further object of the invention therefore is to also provide for an annular optical network whose capacity of signal transmission may be increased by applying low-priority traffic over protection connections present in such rings. An annular optical network according to the preamble of claim 13, known per se from reference [2], for this purpose is characterised, according to the invention, as in claim 13.

Other preferred embodiments of the invention have been summarised in further subclaims.

The invention makes possible a more effective use of the capacity of optical networks in general, and annular optical WDM networks in particular. By applying low-priority traffic over protection connections according to a 1:1 scheme during undisturbed operation, the capacity of the network may even be substantially doubled. The reaction time for having the low-priority traffic give way to the high-priority traffic is substantially restricted only by the switching time of optical switches which, for the current prior art, lies in the range of several microseconds to several milliseconds. The decision to switch over is taken locally in the optical domain, therefore requires no central control or any other signalling in the optical network, and may be carried out relatively fast. Nodes of an optical network may basically be arranged identically for adding or dropping low-priority traffic, not only for such traffic between adjacent nodes, but also for transit traffic.

C. REFERENCES

[1] R. Ramswami & K.N. Sivarajan, "Optical Networks: A Practical Perspective", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, California, 1998; more particularly Chapter

10 "Control and Management", Section 10.4.1 "Protection
Concepts", pp. 430-434;

[2] F. Arecco et al., "A transparent, all-optical, metropolitan
network experiment in a field environment: The "PROMETEO"
5 self-healing ring", J. Lightwave Technol., Vol. 15, No. 12,
December 1997, pp. 2206-2213.

D. BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

The invention will be explained in greater detail by
10 reference to a drawing comprising the following figures:

FIG. 1 schematically shows a first exemplary embodiment of
the invention;
FIG. 2 shows a first variant for a component of the
exemplary embodiment according to FIG. 1;
15 FIG. 3 shows a second variant for an identical component as
the one shown in FIG. 2;
FIG. 4 shows a first variant for a component of the
exemplary embodiment shown in FIG. 1 for application
in a WDM connection;
20 FIG. 5 shows a second variant for an identical component as
the one shown in FIG. 4;
FIG. 6 schematically shows an annular optical network to
which the invention is applied;
FIG. 7 schematically shows a node of the network according
25 to FIG. 6;
FIG. 8 shows a scheme for wavelength allocation for WDM
channels for transmitting WDM signals over the
network of FIG. 6;
FIG. 9 schematically shows a component of the node shown in
30 FIG. 7.

E. DESCRIPTION OF EXEMPLARY EMBODIMENTS

The exemplary embodiments described below are restricted,
only for reasons of simplicity of description, to a protection
35 configuration according to a 1:1 scheme. The principle of the
invention, however, is also applicable to protection connections

in protection configurations according to the more general schemes 1:N and M:N.

FIG. 1 schematically shows a protection configuration according to a 1:1 scheme, to which the invention is applied.

The configuration comprises a point-to-point connection between a (signal) source S and a (signal) destination D, which may be part of a more extensive optical network, the source and the destination being located in different nodes N₁ and N₂ of the network, as drawn, but which may also be separate. Between the source S in node N₁ and the destination D in node N₂, two physically separated, optical signal connections are located, namely, an operational connection WF ("working fibre") and a protection connection PF ("protection fibre") which runs by way of, e.g., network nodes N₃ and N₄. Said two connections are placed between a first protection switch PS₁ in node N₁ at the side of the source, and a second protection switch PS₂ in node N₂ at the side of the destination. In normal, i.e., undisturbed operation, the protection switches are in switch modes such that signal traffic between the source S and the destination D takes place by way of the operational connection WF. In the event of a disturbance of the operational connection WF, e.g., due to fibre rupture, in both protection switches switching over to the protection connection PF takes place. The control of the protection switches, which are not further denoted in the figure, takes place in the known way and is not per se part of the invention. In the protection connection PF, two optical switches S₁ and S₂ are included, which enclose a section PF₁ of the protection connection between network nodes N₃ and N₄. The switches S₁ and S₂ may be switched between a first switch mode (parallel mode in the figure, having interrupted lines), in which first and second ports p₁ and p₂ are interconnected with third and fourth ports p₃ and p₄, respectively, and a second switch mode (cross mode in the figure, having drawn lines), in which the first and second ports p₁ and p₂ are interconnected with the fourth and third ports p₄ and p₃, respectively. The switches S₁ and S₂ are controlled by control signals given off by signal-detecting means M₁ and M₂, respectively, which are coupled to the

optical signal-tapping means C_1 and C_2 , respectively, placed at the first port p_1 of the switches S_1 and S_2 . The signal-tapping means are measured and orientated in such a manner that they tap a fraction, e.g., 10%, of the power of an optical signal entering at the port p_1 of the switch in question, and conduct it to the detection means coupled to the tapping means.

The configuration operates as follows. A distinction is made between signal traffic having a high priority and signal traffic having a low priority. The signal traffic between the source S and the destination D is traffic having a high priority, denoted in the figure by tr_H , and hereinafter is also denoted by high-priority signal tr_H . In the event of undisturbed operation, the signal traffic having a high priority, tr_H , is conducted over the operational connection WF . Only in the event of disturbance on the operational connection, the protection switches PS_1 and PS_2 , are switched over, and the traffic tr_H between the source S and the destination D is conducted by way of the protection connection PF . In order not to leave the protection connection unused in the event of undisturbed operation, in order to increase the signal-transport capacity in the network, signal traffic is conducted over at least a portion of the protection connection PF , in this case section PF_1 . Said traffic, which is referred to as signal traffic having a low priority or low-priority signal, denoted by tr_L , must disappear from the protection connection, however, as soon as use is to be made of the protection connection by the signal traffic having a high priority. In the undisturbed situation, the switches S_1 and S_2 , both are in the cross mode indicated above. Now, there are two options for conducting the signal traffic having a low priority \hat{u} $tr_L \hat{u}$ over the section PF_1 of the priority connection PF in question. According to the first option, referred to as the co-directional variant, the signal traffic tr_L (continuous arrow) is added, via the second port p_2 of the switch S_1 , to the connection section PF_1 , and is dropped therefrom at the fourth port p_4 of the second switch S_2 . According to the second option, referred to as the counter-directional variant, said signal traffic is added to

the connection section PF_1 , in the opposite direction (interrupted arrow) by way of the fourth port p_4 of the switch S_2 , and dropped from it at the second port p_2 of the first switch S_1 . Due to the cross mode of the switches, section PF_1 is disconnected, as it were, from the total protection connection for the benefit of use for signal traffic having a low priority. As soon as the high-priority signal tr_H is conducted over the protection connection PF by switching over the protection switch PS_1 , however, the protection connection must be restored as soon as possible. For this purpose, as soon as the arrival of the high-priority signal at the port p_1 of the switch S_1 in node N_1 is detected by the detecting means M_1 , the switch S_1 is set to the parallel mode. The high-priority signal tr_H propagates over the section PF_1 , further in the direction of the second switch S_2 in node N_4 .

There, the arrival of said signal at the port p_1 of the second switch S_2 is detected by the detection means M_2 , and the switch S_2 is set to the parallel mode. After switching over the switches S_1 and S_2 to the parallel mode, the protection connection PF is restored, and the low-priority signal tr_L , in the co-directional variant at switch S_1 in node N_1 , and in the counter-directional variant at switch S_2 in the node N_4 is no longer added to the section PF_1 , and the high-priority signal tr_H is conducted to the destination D . The counter-directional variant has the advantage that the detection means M_1 and M_2 , due to a direction-selective arrangement of the signal-tapping means C_1 and C_2 , do not require any further measures to be capable of detecting the arrival of the high-priority signal tr_H . The counter-directional variant, however, is less simple to combine with optical amplifiers. In the co-directional variant, it is a requirement that, at any rate in the node N_4 , with the detection means M_2 , together with the tapping means C_2 , a selective differentiation is possible between states in which, at the port p_1 , the high-priority signal tr_H is, and is not, present. This may be achieved, e.g., by having the high-priority and low-priority signal traffic take place at various wavelengths, more generally at various wavelength spectra, and, e.g., render the tapping means C_2 or the detection means M_2 wavelength-selective for the wavelength, or

(part of) the wavelength spectrum in which the wavelength spectrum of the high-priority signal differs from that of the low-priority spectrum, as the case may be. In order to keep the configuration unequivocal, the tapping means C_1 or the detection means M_1 preferably have one and the same wavelength selectivity. A detection mechanism which is based on wavelength selectivity is very efficient in the event that the high-priority and/or low-priority signals are WDM signals (see below).

In either variant - the co-directional and the counter-directional - instead of wavelength or directional selectivity, use maybe made of detection means which are selective for a signal which is typical for the high-priority signal, and which is not present in the low-priority signal, such as a pilot signal having a specific modulation which may be recognised by the detection means.

The protection connection PF may be broken down into several sections, similar to the section PF_1 , for the benefit of still more low-priority traffic, e.g., in the event that the protection connection runs by way of still other network nodes. In this case, the priority connection PF includes three or more switches, similar to the switches S_1 and S_2 , having associated detection means. In this connection, transit traffic is also possible by setting interim switches in the parallel mode, as required. Upon arrival of the high-priority signal, these need no longer be switched over.

The application of tapping means at the first port p_1 of the switches S_1 and S_2 , for the benefit of the detection of the high-priority signal, has the drawback that, in the event of use of the protection connection PF , the signal is weakened too much when passing a number of switches. This may be prevented by placing the tapping means at the fourth port p_4 of each switch. This is shown in FIG. 2 for a switch S_3 and tapping means C_3 .

If for a switch the port p_4 is not in use for adding or dropping the low-priority signal, in the counter-directional and the co-directional variant, respectively, the detection means may also be connected directly to the port p_4 . This is shown in FIG. 3 for a switch S_4 and detection means M_4 .

In the exemplary embodiments described so far, both the high-priority and the low-priority signal may be an optical WDM signal, which signals are completely switched by the various switches. If, however, the high-priority signal is a WDM signal comprising a number of n WDM channels, each WDM channel corresponding to a separate wavelength λ_i ($i=1, \dots, n$) in the WDM signal, basically any WDM channel may also be utilised separately over one or more sections of the protection connection, for signal transmission having a low priority. For this purpose, an Optical Add/Drop Multiplexer is added, hereinafter to be referred to as OADM, at the beginning and at the end of each section, instead of a singular switch with associated detection means, such as the switches S_1 and S_2 , in FIG. 1. The individual WDM channels are further denoted by their wavelength λ_i ($i=1, \dots, n$). FIG. 4 shows a first variant thereof in a counter-directional embodiment, an OADM 40 being included in a protection connection. The OADM comprises a bidirectional (de)multiplexer 42 having an I/O port 44 and a bidirectional (de)multiplexer 46 having an I/O port 48, for splitting off and rejoining a number of n WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ in either signal-transmission direction. In the WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, optical 2x2 switches SP_1, \dots, SP_n are included, provided with detection means MM_1, \dots, MM_n , all this for each WDM channel in a similar way as the switch S_1 or S_2 with associated detection means in FIG. 1. For adding or dropping signals having a low priority $\hat{u} tr_L \hat{u}$ at the fourth and the second port of the switches, respectively, in the event of undisturbed operation the switches SP_1, \dots, SP_n are in the cross mode. As soon as the high-priority tr_H enters the I/O port 44 of the (de)multiplexer 42 as a WDM signal, said signal is split up into signal components in the various WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$. Subsequently, in each channel the possibly present signal component of the high-priority signal is detected separately and, after switching over the switch associated with the channel, passed on to the (de)multiplexer 46, and finally rejoined, together with signal components of the high-priority signal passed on in other channels, to form a WDM signal of the high-

priority signal tr_h , which propagates itself further over the protection connection by way of I/O port 48.

In a similar way as in FIG. 4, FIG. 5 shows a second variant for a WDM application, this time in a co-directional embodiment. In said variant, the high-priority signal tr_h is a WDM signal which, apart from the number of n WDM channels still comprises an additional WDM channel having a specific wavelength λ_s , which has a recognition function for the high-priority signal on the protection connection, and whose presence of the high-priority signal on the protection connection is therefore unequivocally capable of being detected. This additional WDM channel, which hereinafter will also be referred to as signature channel λ_s , may already be associated with the high-priority signal over the operational connection, but may also be added to the signal only upon transition to the protection connection.

The high-priority signal including the signature channel is denoted by $tr_h(\lambda_s)$. FIG. 5 shows an OADM 50 included in a protection connection at the beginning or the end of each section of said connection which is used for low-priority traffic. The OADM 50 comprises a demultiplexer 52 having an input port 54 and a multiplexer 56 having an output port 58, respectively, for splitting off and rejoining a number of n WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ and the additional WDM channel λ_s . In the WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, optical 2x2 switches SQ_1, \dots, SQ_n are included, all this for each WDM channel in a similar way as the switches S_1 or S_2 in FIG. 1, this time without the associated detection means. Detection means MM are coupled to the additional WDM channel λ_s , for simultaneously driving the switches SQ_1, \dots, SQ_n in the WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$. For adding or dropping signals having a low priority tr_L , at the second and the fourth port of the switches, respectively, the switches SQ_1, \dots, SQ_n in the event of undisturbed operation are in the cross mode. The recognition channel λ_s in this connection is not used for low-priority traffic. As soon as the WDM signal of the high-priority signal $tr_h(\lambda_s)$ enters the input port 54 of the demultiplexer 52, it is split up into signal components in the various WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ and λ_s . Subsequently, the presence

of the high-priority signal is detected with the detection of the signal component in the recognition channel λ_s and the switches SQ₁, -, SQ_n in the WDM channels $\lambda_1, -, \lambda_n$ are switched over, as a result of which the signal components are passed on to multiplexer 56. There, the signal components in the various WDM channels are rejoined to form a WDM signal of high priority tr_x(λ_s), which may propagate via the output port 58 over a protection connection coupled thereto.

Both the OADM 40 in FIG. 4 and the OADM 50 in FIG. 5 may be arranged to still process signals in other WDM channels, denoted in the figures by { λ_w }, which relate to operational signal traffic having a protection path by way of another part of the network (not shown). For this purpose, there may also be utilized the operational connection WF of FIG. 1 itself, provided the nodes N₁ and N₂ are equipped with fitting OADMs for that purpose. Such a protection principle is applied, inter alia, in annular optical transmission networks having a protection configuration for the transmission of WDM signals. In such networks, hereinafter to be denoted, for brevity's sake, by WDM rings, three or more nodes are included in, and mutually connected by, (at least) two optical connections forming two rings, hereinafter to be referred to as a double ring, for the transmission of WDM signals between the nodes in two transmission directions opposite to one another. In this connection, each node is provided with protection-switching means for switching over from signal transmission over an operational connection in a first or in a second transmission direction to signal transmission over a protection connection by way of the double ring in the second or in the first transmission direction, respectively. In this connection, an operational connection by way of a section of the double ring between each pair of adjacent nodes in the double ring always has a protection connection by way of a portion of the double ring which is complementary to said section, in the event that the operational connection over said section of the double ring ends up in an error condition. In WDM rings having so-called optical multiplex section protection (= OMS protection), the entire complementary portion

belongs to the protection connection. In WDM rings having optical channel protection (= OCH protection) the complementary part is not necessarily part, as a whole, of the protection connection, all of this depending on which nodes of the double ring have the high-priority traffic over the operational connection as its source and its destination. In either type of WDM ring, it is basically possible to conduct low-priority traffic over the protection connections present in the rings, both in the co-directional and in the counter-directional embodiment, in a way as described above.

Below, on the basis of the figures FIG. 6 to 9 inclusive, a specific form of WDM ring is described having OMS protection, to which the invention is applied. FIG. 6 shows such a network RN having four nodes RN1, RN2, RN3 and RN4, which are included in a double ring DR, comprising an outer ring R1 and an inner ring R2, respectively, having signal traffic between the nodes in a first transmission direction (clockwise in the figure), and having signal traffic in a second transmission direction (anticlockwise). As schematically shown in FIG. 7, a node 70, such as a node RN_i (with $i=1,-,4$) of the double ring DR, comprises a first OADM 71 and a second OADM 72, included in the outer ring R1 and in the inner ring R2, respectively, for adding and dropping (arrows A/D) of WDM channels on the double ring DR in either transmission direction. Furthermore, the node 70 comprises protection switches 73 and 74, included on either side of the OADMs in the double ring DR. The protection is such that, in the event of normal operation, the rings R1 and R2 are intact. However, in the event of an error condition, in an operational connection over a section between two adjacent nodes or in a node itself, the protection switches, e.g., under the control of a central operating system, or also with the help of detection means in the optical domain, on either side of the section in question of the double ring, or on either side of the node in question, are switched in such a manner that the section, or the node having the error condition, is disconnected from the double ring. In this connection, the operational signal traffic in question over the double ring in the one transmission direction

in the protection switch is reversed in direction for the disconnected part of the double ring, and conducted over the double ring in the other transmission direction as protection signal traffic.

Over both the inner ring and the outer ring, signal traffic is possible of WDM signals comprising $2n+2$ different WDM channels. FIG. 8 shows a diagram of the wavelength allocation of the various WDM channels. To the outer ring R1, belongs a first set {W1} of $n+1$ WDM channels, i.e., n channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ and a recognition channel λ_{s1} , which form operational channels for operational signal connections by way of the outer ring. To the inner ring R2, belongs, similarly, a first set {W2} of $n+1$ WDM channels, i.e., $\lambda_{n+1}, \dots, \lambda_{2n}$, and a recognition channel λ_{s2} , which form operational channels for operational signal connections by way of the inner ring. Furthermore, both the outer ring R1 and the inner ring R2 are associated with a second set, or the set {P2} of the WDM channels $\lambda_{n+1}, \dots, \lambda_{2n}$, as the case may be, and the recognition channel λ_{s1} and the set {P1} of the WDM channels $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ and the recognition channel λ_{s2} , which form protection channels for protection traffic, on the outer ring R1 in the event of an error condition of an operational connection on the inner ring R2, and on the inner ring R2 in the event of an error condition of an operational connection on the outer ring R1, respectively. Over the sections of both the outer ring R1 and the inner ring R2 between each pair of adjacent nodes, such as, e.g., the pair RN2 and RN3, or the pair RN4 and RN1, over the recognition channels λ_{s1} and λ_{s2} from the first sets {W1} and {W2}, respectively, of operational channels, permanent, so-called next-door-neighbour connections nb are maintained, such as, e.g., the next-door-neighbour connections nb over the section of the outer ring R1 between the nodes RN1 and RN2, and over the section of the inner ring R2 between the nodes RN1 and RN4. In the event of an undisturbed operation, the protection channels of the second sets {P1} and {P2}, with the exception of the recognition channels λ_{s1} and λ_{s2} on the outer and inner rings, may be reused for signal traffic having a low priority, which must make way

upon the appearance of signal traffic having a high priority, i.e., protection traffic originating from operational channels corresponding to the protection channels in question of the first sets {W1} and {W2}. For this purpose, in each OADM of each node, 5 the protection channels are provided with switching means and with detection means for controlling the switching means, all of this in a simular manner as in the OADM 50 (see FIG. 5). FIG. 9 schematically shows an OADM 90, included in the outer ring R1. The OADM 90 includes a demultiplexer 92 having an input port 93 10 and a multiplexer 94 having an output port 95, between which the channels of the first set {W1} of operational channels and of the second set {P2} of protection channels are split up. In the operational channels, A/D switching means are included 96 for adding/dropping or switching through signals in each channel 15 separately. In the recognition channel λ_{s1} of the set {W1} of operational channels, an A/D switch 98 is included, which in the figure is shown separately to indicate that it is permanently in the cross mode for the benefit of the next-door-neighbour connections nb in the incoming and outgoing directions. In the protection channels, with the exception of the recognition 20 channel λ_{s2} , switching means SQ are included for adding/dropping or switching through signals having a low priority $tr_L(1)$ in each protection channel separately over the outer ring R1. To the recognition channel λ_{s2} of the set {P2} of protection channels, 25 detection means MM are coupled for collectively controlling the switching means SQ. When the presence of a high-priority signal $tr_H(\lambda_{s2})$ is detected on the input port 93 of the demultiplexer 92 in the recognition channel λ_{s2} , all protection channels are switched through by the switching means SQ, in such a manner that 30 no low-priority signals $tr_L(1)$ can be added or dropped any longer.

Such a WDM ring has the great advantage that, as a result of the permanent presence of a next-door-neighbour connection between each pair of adjacent nodes over a WDM channel having the 35 same wavelength, i.e., the recognition channels λ_{s1} and λ_{s2} on the outer ring and the inner ring, respectively, in the event of an

error condition on a signal connection over any operational channel whatsoever, the protection signal, anywhere on a protection connection over the double ring, always comprises the recognition channel in question and is capable of being detected
5 thereon in the optical area.

In the event of the exemplary embodiments described, the co-operation of the detection means and the switching means preferably is such that, if the high-priority signal is no longer detected on the protection connection, the switching means are
10 switched back to switch modes in which low-priority traffic is once again possible.

F. CLAIMS

1. Optical transmission network with protection for the
transmission of optical signals having several priorities,
comprising:

- an operational connection through the network for transmitting an optical signal having a high priority, and
- a protection connection corresponding to the operational connection for transmitting the optical signal having a high priority in the event of an error condition of the operational connection, which protection connection is, at least in part, arranged for transmitting an optical signal having a low priority, which gives way to the transmission of the optical signal having a high priority in the event of said error condition,

characterised in that

said part of the protection connection is provided with

- + optical detection means for detecting the optical signal having a high priority on the protection connection, and
- + optical switching means for switching on and off the transmission of the optical signal having a low priority over said part of the protection connection under control of the optical detection means.

2. Optical transmission network according to claim 1,

characterised in that the protection connection includes at least one optical-connection section over which the transmission of optical signals having a low priority takes place at a first wavelength spectrum, the transmission of the optical signals having a high priority takes place at a second wavelength spectrum, which differs from the first wavelength spectrum, and the optical detection means are wavelength-selective for a difference spectrum in which the second wavelength spectrum differs from the first one.

3. Optical transmission network according to claim 1,

characterised in that the protection connection includes at least

one optical-connection section, which is bidirectional and over which the transmission of the optical signals having a low priority takes place in a direction opposite to the one of the transmission of the optical signals having a high priority in the event of an error condition of the operational connection, and the optical detection means are direction-selective.

5

4. Optical transmission network according to claim 1, characterised in that the protection connection includes at least one optical-connection section over which the transmission of optical signals having a low priority takes place, the optical signals having a high priority include a signal which is specific for signals having a high priority, and the optical detection means are selective for said specific signal.

10

15

5. Optical transmission network according to claim 2, 3 or 4, characterised in that the switching means include a switch which, in a first switching mode, adds and drops, respectively, the low-priority signal to or from the protection connection and, in a second switching mode, passes the high-priority signal on over the protection connection.

20

25

6. Optical transmission network according to claim 5, characterised in that the detection means include an optical-power splitter for tapping a part of the optical power present on a port of the switch to which an incoming end of the protection connection is coupled.

30

7. Optical transmission network according to claim 5, characterised in that the detection means include an optical-power splitter for tapping a portion of the optical power present on a port of the switch which, in the first switching mode of the switch, is connected through to a further port of the switch to which an incoming end of the protection connection is coupled.

35

8. Optical transmission network according to claim 5, characterised in that the detection means are directly coupled

to a port of the switch which, in the first switching mode of the switch, is connected through to a further port of the switch to which an incoming end of the protection connection is coupled.

5 9. Optical transmission network according to any of the claims 1,-,8, characterised in that:

- the high- and/or low-priority signals are WDM signals.

10 10. Optical transmission network according to any of the claims 2, 3 and 4, characterised in that:

- the high- and low-priority signals are WDM signals, with the WDM signal of the low-priority signal comprising a number of WDM channels which is a subset of the number of WDM channels in the WDM signal of the high-priority signal,
- on either side of each optical-connection section in the protection connection, an OADM is included of which the switching means and detection means are part, with, per OADM,
 - + the detection means being coupled to at least one of the WDM channels of the high-priority signal, and
 - + the switching means per WDM channel of the low-priority signal including a switch which, under the control of the detection means, has two switching modes - a first switching mode for adding and dropping signals having a low priority and a second switching mode for passing on signals having a high priority.

25 11. Optical transmission network according to claim 10, characterised in that the high-priority signal includes a WDM channel having a wavelength which is specific to the high-priority signal, and that the detection means are coupled to the WDM channel having said specific wavelength.

30 12. Optical transmission network according to claim 10, characterised in that the detection means per WDM channel include an optical-signal detector for controlling the switch associated with the WDM channel in question.

13. Annular optical transmission network with protection, for the transmission of optical WDM signals, comprising:

- a number of nodes included in, and mutually connected by, two optical connections forming two rings, hereinafter separately referred to as first and second rings, and together referred to as double ring, for signal transmission in two opposite transmission directions between the nodes,
- with each node being provided with a first and a second OADM, included in the first and in the second ring, respectively, and with protection-switching means for switching over from signal transmission over an operational connection by way of the double ring in a first and in a second transmission direction to signal transmission over a protection connection by way of the double ring, in the second and in the first transmission direction, respectively, and
- with a protection connection corresponding to an operational connection over a section of the double ring between a pair of adjacent nodes for the transmission of a WDM signal, by way of a portion of the double ring which is complementary to said section, in the event of an error condition of the operational connection over the section of the double ring,

characterised in that

- the complementary portion of the double ring comprises a further section between a further pair of adjacent nodes in the double ring, which further section is arranged for transmitting an optical signal having a low priority, which gives way to the transmission of an optical signal having a high priority, with the signal having a high priority including said WDM signal in the event of said error condition.

35 14. Annular optical transmission network according to claim 13, characterised in that

each of the nodes on either side of the further section of the double ring is provided with

- + optical detection means for detecting an optical signal having a high priority on the protection connection, and
- 5 + optical switching means for switching on and off the transmission of an optical signal having a low priority over the further section of the double ring under control of the optical detection means.

10 15. Annular optical transmission network according to claim 14, characterised in that

- the signals having a high and a low priority are WDM signals, with the WDM signal of the signal having a low priority comprising several WDM channels which are a subset of the number of WDM channels in the WDM signal of the signal having a high priority;
- OADMs, included with one another in one and the same ring on either side of the further section in the protection connection, the switching means and the detection means being part of the OADM, with, per OADM
- + the detection means being coupled to at least one of the WDM channels of the signal having a high priority, and
- + the switching means per WDM channel of the signal having a low priority including a switch which, under the control of the detection means, has two switching modes - a first switching mode for adding and dropping signals with a low priority, and a second switching mode for passing on signals having a high priority.

20 25 30 16. Annular optical transmission network according to claim 15, characterised in that

- the high-priority signal includes a WDM channel having a wavelength which is specific to the high-priority signal, and the detection means are coupled to the WDM channel having said specific wavelength for driving the switch of each WDM channel of the signal having a low priority.

17. Annular optical transmission network according to claim 15, characterised in that

- a signal having a high priority over the protection connection by way of the first ring includes a WDM channel having a first wavelength which is specific to the signal having a high priority in the first transmission direction, and the signal having a high priority over the protection connection by way of the second ring includes a WDM signal having a second wavelength which is specific to the signal having a high priority in the second transmission direction, and the detection means include a first and a second optical-signal detector, which first signal detector is coupled to the WDM channel having the first specific wavelength for driving the switch of each WDM channel of the signal having a low priority over the protection connection by way of the first ring, and which second signal detector is coupled to the WDM channel having the second specific wavelength for driving the switch of each WDM channel of the signal having a low priority over the protection connection by way of the second ring.

18. Annular optical transmission network according to claim 17, characterised in that

- a WDM signal over an operational connection by way of the first ring between each pair of adjacent nodes includes a WDM channel having the second specific wavelength, and a WDM channel over an operational connection by way of the second ring between each pair of adjacent nodes includes a WDM channel having the first specific wavelength.

19. Annular optical transmission network according to claim 15, characterised in that

- the detection means per WDM channel include an optical-signal detector for controlling the switch associated with the WDM channel in question.

1/7

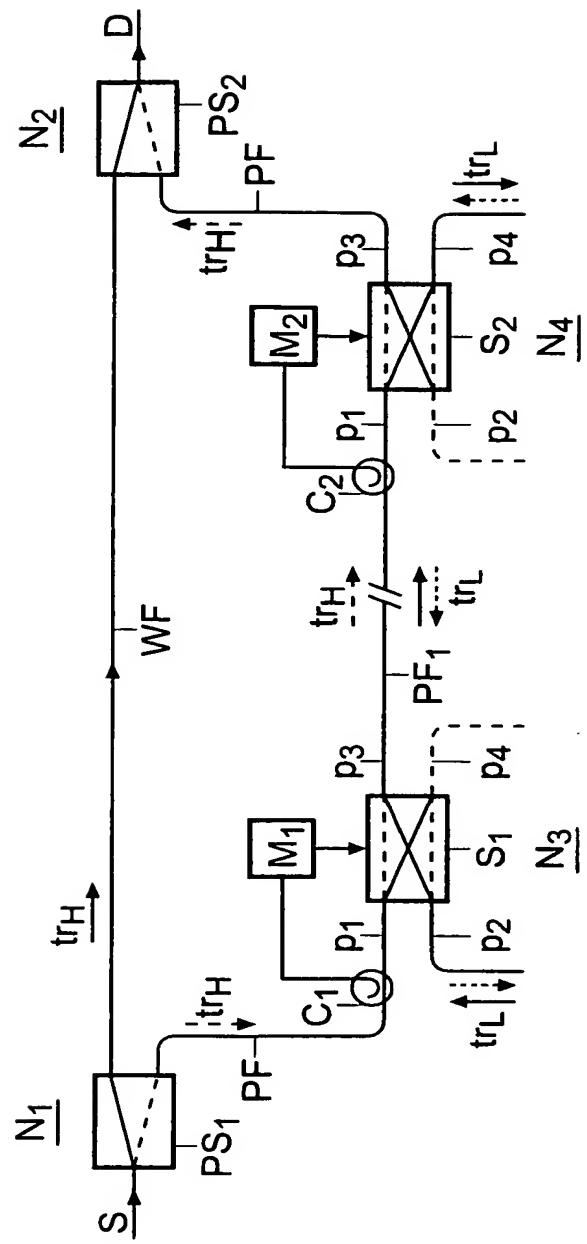


FIG. 1

2/7

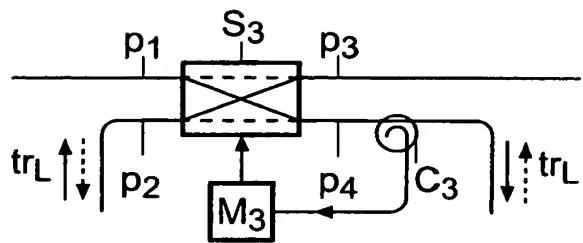


FIG. 2

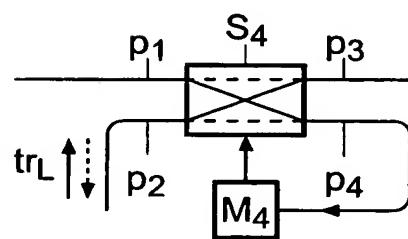


FIG. 3

10/018611

3/7

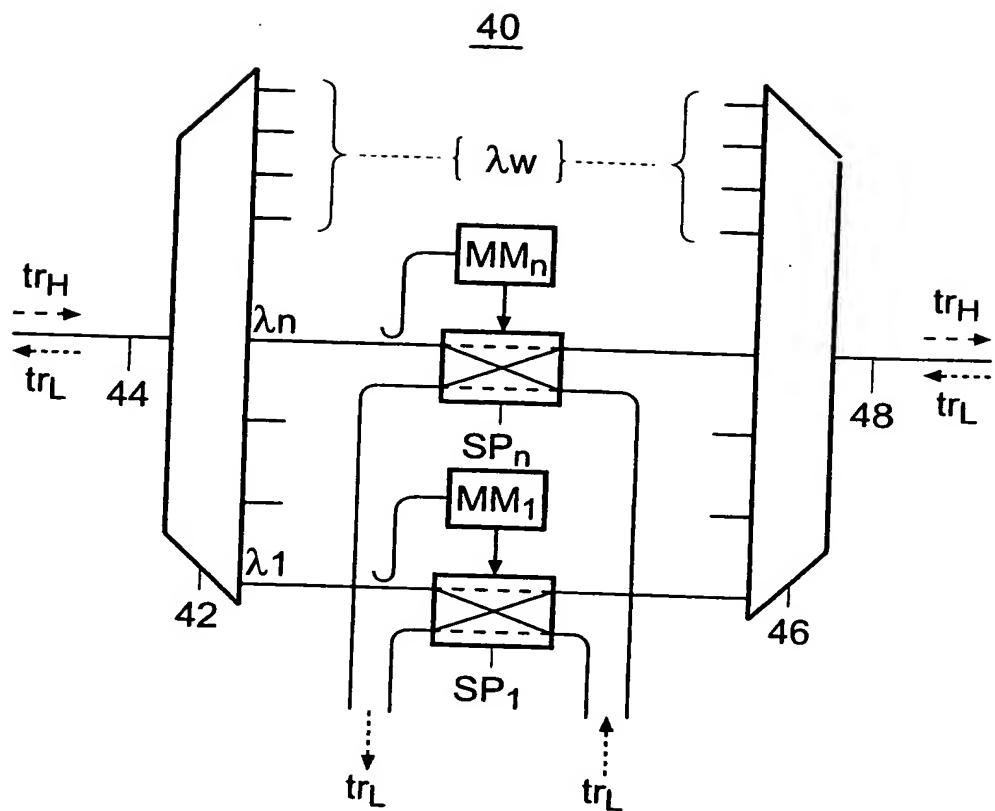


FIG. 4

4/7

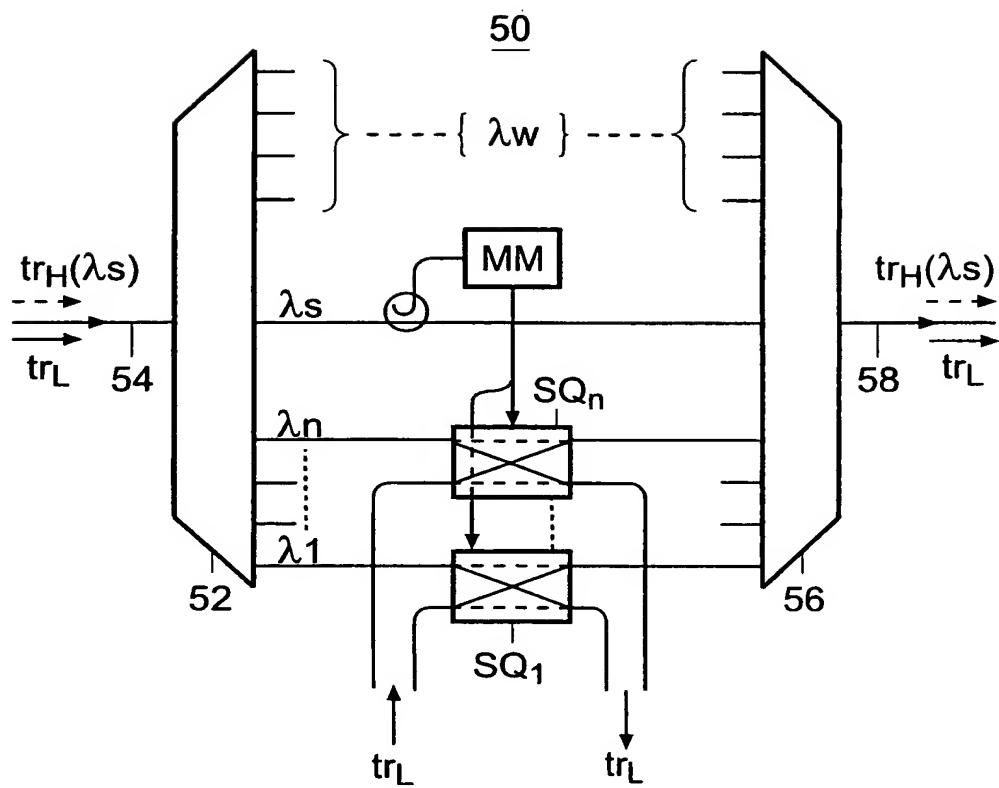


FIG. 5

5/7

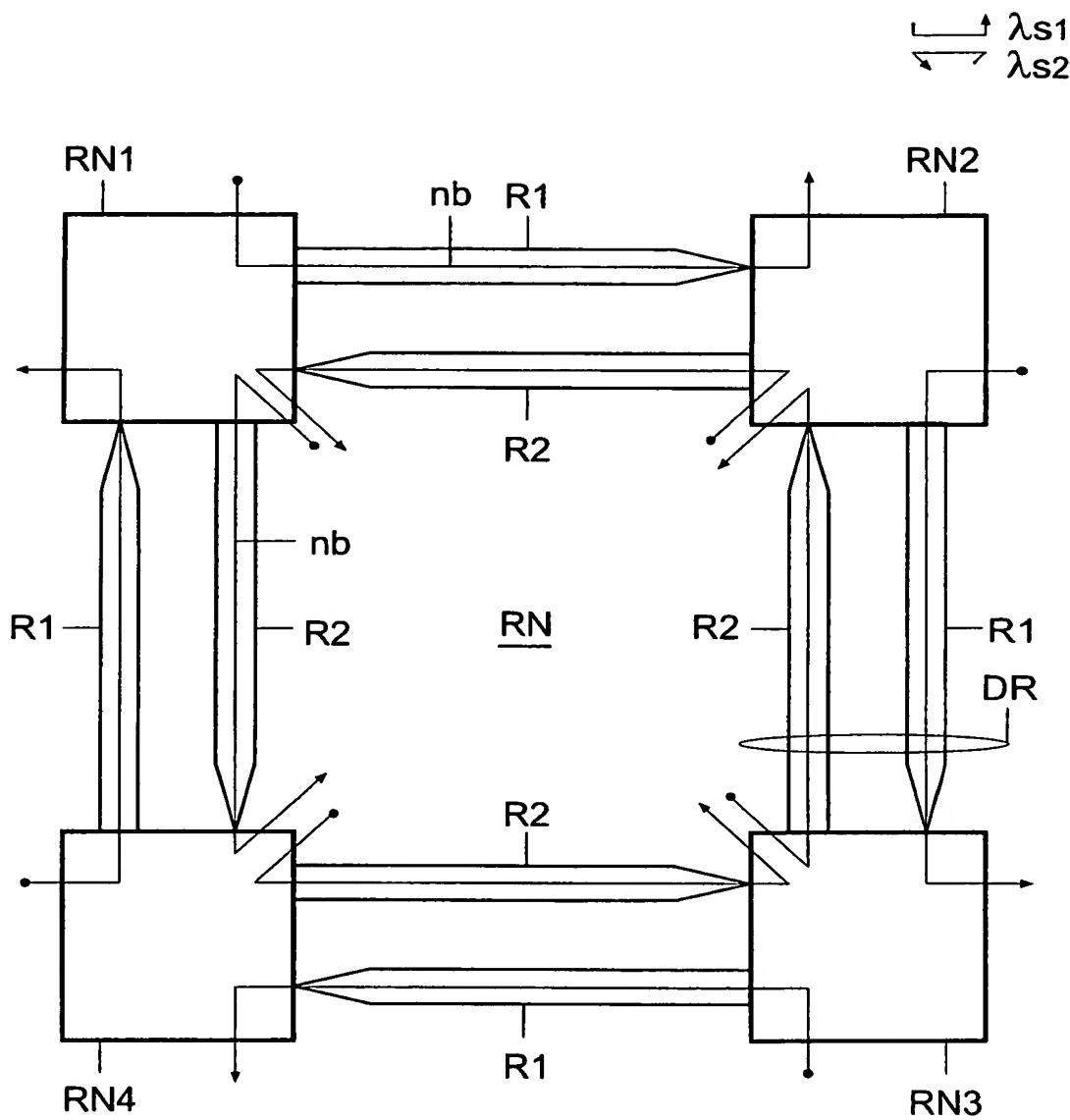


FIG. 6

6/7

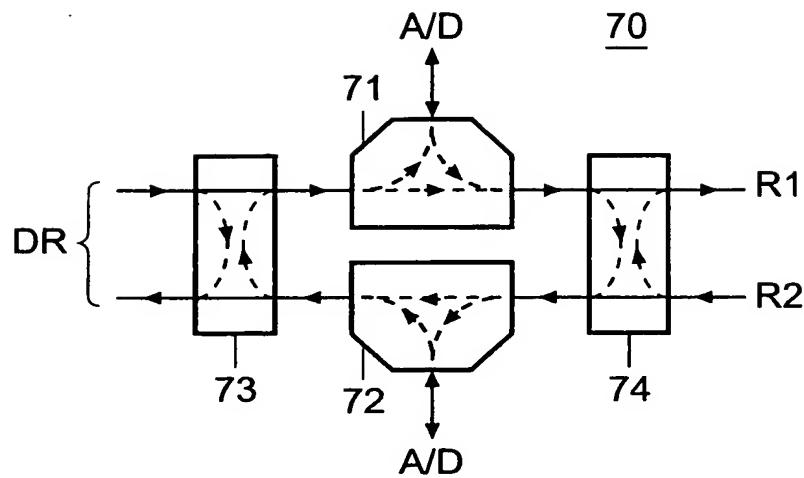


FIG. 7

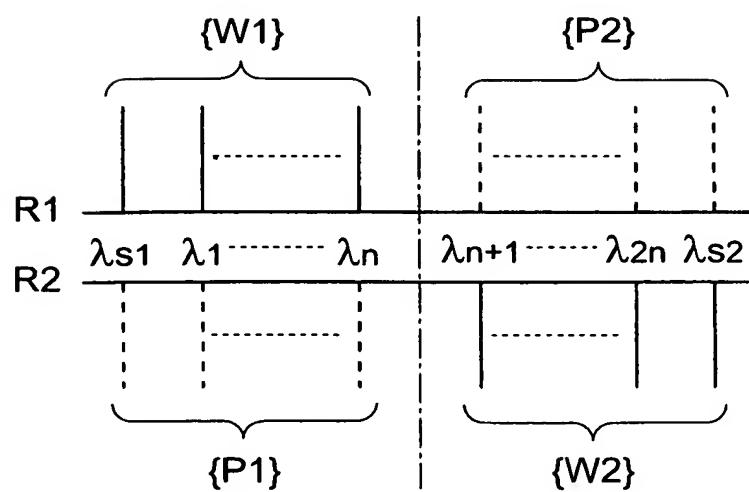


FIG. 8

7/7

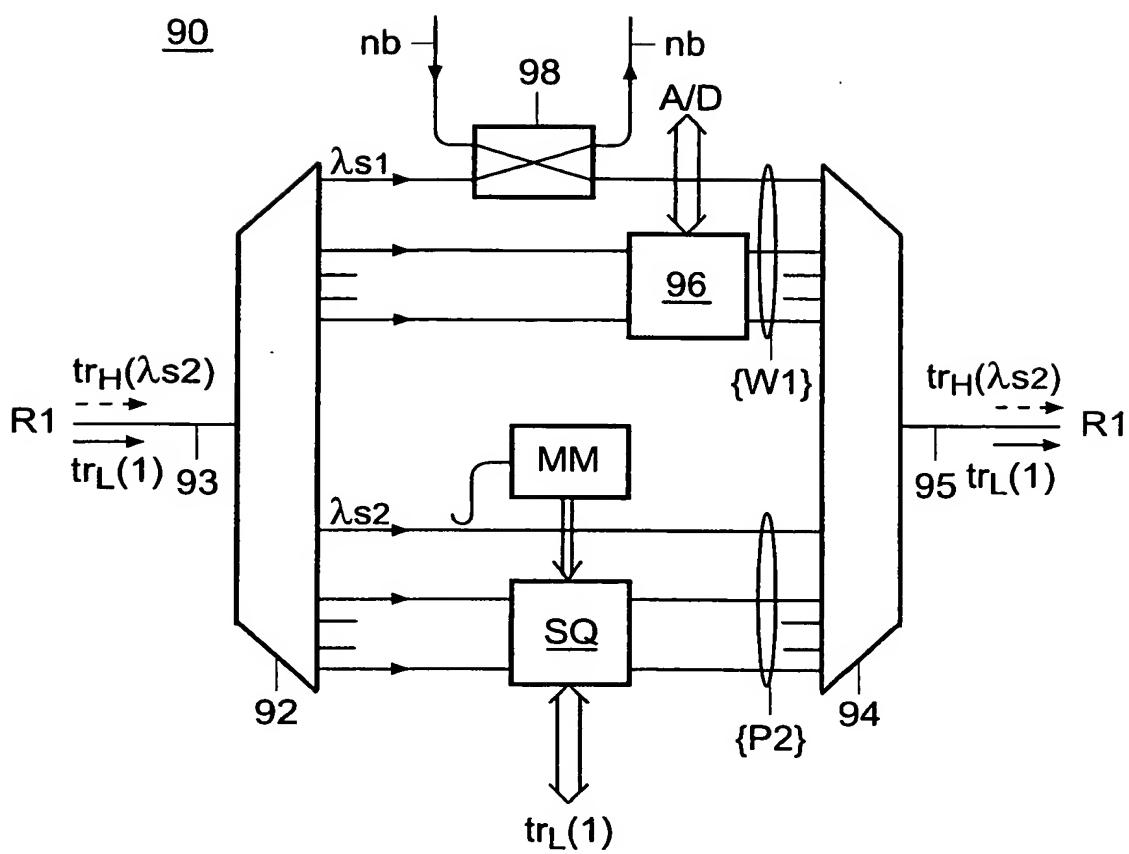


FIG. 9

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

#2

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 12 juli 1999 onder nummer 1012568,
ten name van:

KONINKLIJKE KPN N.V.

te Groningen

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

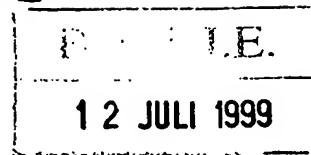
"Optisch transmissienetwerk met protectieconfiguratie",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 28 april 2000.

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

A.W. v.d. Kruk.



G. Uittreksel

Een optisch transmissienetwerk met protectieconfiguratie omvat een operationele verbinding (WF) voor signalen met hoge prioriteit (tr_H) en een 5 protectieverbinding (PF) voor de overdracht van hoge prioriteitssignalen (tr_H) bij een foutconditie van de operationele verbinding (WF). In de protectieverbinding (PF) bevinden zich schakelmiddelen (S_1, S_2) met daartussen een sectie (PF_1) waarover bij ongestoord bedrijf een signaal van lage prioriteit (tr_L) wordt geleid. De schakelmiddelen worden bestuurd door detectiemiddelen ($M_1/C_1, M_2/C_2$). Bij een foutconditie wordt het 10 hoge prioriteitssignaal op de protectieverbinding gedetecteerd en de schakelmiddelen zo geschakeld dat geen lage prioriteitssignaal meer mogelijk is. De lage en hoge prioriteitssignalen kunnen WDM-signalen zijn, en de sectie kan deel uitmaken van een optisch ringvormig netwerk.

15

(FIG. 1)

JF

12 JULI 1999

Titel: Optisch transmissienetwerk met protectieconfiguratie

A. Achtergrond van de uitvinding

De uitvinding ligt op het gebied van optische transmissienetwerken. Meer in het
5 bijzonder betreft zij een optisch transmissienetwerk met een protectieconfiguratie voor
de overdracht van optische signalen met lage en hoge prioriteit volgens de aanhef van
conclusie 1.

Een dergelijk optisch transmissienetwerk is bekend uit referentie [1] (zie voor
meer bibliografische details hierna onder C.).

10 Voor een protectieconfiguratie in optische transmissienetwerken zijn in principe
vier schema's bekend, die respectievelijk worden aangeduid met 1 + 1 protectie, 1:1
protectie, 1:N protectie en M:N protectie. In deze schema's is er sprake van
signaaloverdracht over één (schema's 1 + 1 en 1:1) of meer (schema's 1 + N en M:N)
15 operationele vezelverbinding(en) ('working fiber(s)') en één (schema's 1 + 1, 1:1 en 1:N)
of meer (schema M:N) protectie-vezelverbinding(en) ('protection fiber(s)'), hierna
aangeduid met operationele verbinding en protectieverbinding, respectievelijk. In het
1 + 1 schema vindt de signaaloverdracht gelijktijdig plaats over de operationele
verbinding en de protectieverbinding, waarbij de bestemmingszijde een van de twee
verbindingen voor ontvangst selecteert. In het 1:1 schema en in zijn algemene
20 vormen, de schema's 1:N en M:N, wordt in principe een protectieverbinding pas voor
signaaloverdracht in gebruik genomen in geval de signaaloverdracht over een
operationele verbinding wordt verstoord, zoals bijvoorbeeld door vezelbreuk. Derhalve is
bij deze drie schema's onder normale, i.e. ongestoorde werking de protectieverbinding
niet in gebruik. Dergelijke onder normale omstandigheden ongebruikte verbindingen
25 kunnen, zoals bekend (zie referentie [1]), ter verhoging van de totale verkeerscapaciteit
worden gebruikt voor verkeer met lage prioriteit, dat echter moet wijken voor
protectieverkeer dat bij een gestoorde operationele verbinding via de protectieverbinding
wordt geleid, en dat een hoge prioriteit wordt toegekend. Om het protectieverkeer met
de hoge prioriteit echter niet of althans zo min mogelijk te versturen, moet dit wijken zo
30 snel mogelijk geschieden. In optische transmissienetwerken waarin dergelijke
protectieschema's worden toegepast, geschiedt de overschakeling naar een
protectieverbinding veelal onder besturing van een centraal besturingssysteem, of
middels een signaleringsprotocol. Ook het verwijderen van het verkeer met lage

✓

prioriteit van een voor protectieverkeer in gebruik te nemen protectieverbinding zou door tussenkomst van een centrale besturing of middels een daartoe uitgebreid signaleringsprotocol kunnen plaats vinden. Dit zou echter veel te traag geschieden. Derhalve bestaat de wens om in een transmissienetwerk van bovengenoemde soort het 5 lage prioriteitsverkeer op een protectieverbinding voor het hoge prioriteitsverkeer te laten wijken zonder tussenkomst van een centrale besturing of zonder toepassing van enig signaleringsprotocol.

B. Samenvatting van de uitvinding

10 De uitvinding beoogt te voorzien in een optisch transmissienetwerk van bovengenoemde soort, dat tegemoet komt aan de hierboven genoemde wens. Het transmissiesysteem van bovengenoemde soort heeft daartoe volgens de uitvinding het kenmerk van conclusie 1. Daarbij maakt de uitvinding gebruik van het feit dat door middel van optische detectie van de aanwezigheid van protectieverkeer op de 15 protectieverbinding in het optische domein zelf kan worden beslist wanneer het lage prioriteitsverkeer van een desbetreffend deel van de protectieverbinding moet wijken. In het algemeen kunnen voor de detectie detectiemiddelen worden toegepast, die selectief zijn voor een of meer signaalkenmerken waarin de signalen met hoge en lage prioriteit van elkaar verschillen, zoals bijvoorbeeld in golflengte, in transmissierichting, of ook 20 door middel van een voor het hoge prioriteitssignaal specifieke signaalcomponent zoals een 'pilot'-signaal. In voorkeursuitvoeringen heeft de uitvinding daartoe het kenmerk van conclusie 2, conclusie 3, en conclusie 4, respectievelijk.

Ringvormige optische netwerken zijn typisch geschikt voor toepassing van protectieconfiguraties volgens een 1:1 schema, of in geval van WDM-ringen 25 ('Wavelength Division Multiplex') volgens een 1:N schema of een M:N schema. Daarbij kan de protectie plaats vinden op het niveau van een optische multiplex-sectie (OMS) van een dergelijke ring, zoals bijvoorbeeld bekend uit referentie [2], of op het niveau van een optisch kanaal (OCH). De uitvinding beoogt voorts dan ook te voorzien in een ringvormig optisch netwerk waarvan de capaciteit van de signaaloverdracht kan worden 30 verhoogd door toepassing van lage prioriteitsverkeer over in dergelijke ringen aanwezige protectieverbindingen. Een ringvormig optisch netwerk volgens de aanhef van conclusie 13, op zich bekend uit referentie [2], heeft daartoe volgens de uitvinding het kenmerk volgens conclusie 13.

Andere voorkeursuitvoeringen van de uitvinding zijn samengevat in verdere onderconclusies.

De uitvinding maakt het mogelijk om de capaciteit van optische netwerken in het algemeen, en ringvormige optische WDM-netwerken in het bijzonder effectiever te gebruiken. Door toepassing van lage prioriteitsverkeer over protectieverbindingen volgens een 1:1 schema tijdens ongestoorde werking kan de capaciteit van het netwerk zelfs nagenoeg worden verdubbeld. De reactietijd voor het laten wijken van het lage prioriteitsverkeer voor het hoge prioriteitsverkeer wordt in hoofdzaak slechts beperkt door de schakeltijd van optische schakelaars, die bij de huidige stand van de techniek ligt in het bereik van enkele microseconden tot enkele milliseconden. De beslissing voor omschakelen wordt lokaal in het optische domein genomen, vergt derhalve geen centrale besturing of enige andere signalering in het optische netwerk, en kan relatief snel worden uitgevoerd. Knooppunten van een optisch netwerk kunnen in principe identiek worden ingericht voor het toevoegen ('add') of afnemen ('drop') van lage prioriteitsverkeer, niet alleen voor dergelijk verkeer tussen naburige knooppunten, maar ook voor transitverkeer.

C. Referenties

[1] R. Ramswami & K.N. Sivarajan, "Optical Networks: A Practical Perspective",
20 Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, California, 1998; more
particularly Chapter 10 "Control and Management", Section 10.4.1 "Protection
Concepts", pp. 430-434;

[2] F. Arecco et al., "A transparent, all-optical, metropolitan network experiment in
a field environment: The "PROMETEO" self-healing ring", J. Lightwave Technol.,
25 Vol.15, No 12, December 1997, pp. 2206-2213.

D. Korte beschrijving van de tekening

De uitvinding zal nader worden toegelicht onder verwijzing naar een tekening welke de volgende figuren omvat:

30 FIG. 1 toont schematisch een eerste uitvoeringsvoorbeeld van de uitvinding;
FIG. 2 toont een eerste variant voor een onderdeel van het uitvoeringsvoorbeeld
volgens FIG. 1;

FIG. 3 toont een tweede variant voor eenzelfde onderdeel als getoond in FIG. 2;

FIG. 4 toont een eerste variant voor een onderdeel van het uitvoeringsvoorbeeld als getoond in FIG. 1 voor toepassing in een WDM-verbinding;

FIG. 5 toont een tweede variant voor eenzelfde onderdeel als getoond in FIG. 4;

5 FIG. 6 toont schematisch een ringvormig optisch netwerk waarin de uitvinding wordt toegepast;

FIG. 7 toont schematisch een knooppunt van het netwerk volgens FIG. 6;

FIG. 8 toont een schema voor golflengte-toewijzing voor WDM-kanalen voor de transmissie van WDM-signalen over het netwerk van FIG. 6;

10 FIG. 9 toont schematisch een onderdeel van het in FIG. 7 getoonde knooppunt.

E. Beschrijving van uitvoeringsvoorbeelden

De hierna beschreven uitvoeringsvoorbeelden beperken zich slechts om redenen van eenvoud van beschrijving tot een protectieconfiguratie volgens een 1:1 schema.

15 Het principe van de uitvinding is echter zonder meer ook toepasbaar op protectieverbindingen in protectieconfiguraties volgens de algemener schema's 1:N en M:N.

FIG. 1 toont schematisch een protectieconfiguratie volgens een 1:1 schema, waarin de uitvinding wordt toegepast. De configuratie omvat een punt-puntverbinding 20 tussen een (signaal)bron S en een (signaal)bestemming D, welke deel kan uitmaken van een uitgebreider optisch netwerk, waarbij de bron en de bestemming zich in verschillende knooppunten N_1 en N_2 van het netwerk bevinden zoals getekend, maar welke ook op zichzelf kan staan. Tussen de bron S in knooppunt N_1 en de bestemming D in knooppunt N_2 bevinden zich twee fysiek gescheiden, optische signaalverbindingen, 25 t.w. een operationele verbinding WF ('working fiber') en een protectieverbinding PF ('protection fiber') welke bijvoorbeeld via netwerkknooppunten N_3 en N_4 loopt. Deze twee verbindingen zijn geplaatst tussen een eerste protectieschakelaar PS, in knooppunt N_1 , aan de bronzijde en een tweede protectieschakelaar PS₂ in knooppunt N_2 , aan de bestemmingszijde. Bij normaal, d.i. ongestoord bedrijf bevinden de 30 protectieschakelaars zich in schakelstanden zodanig dat signaalverkeer tussen de bron S en de bestemming D via de operationele verbinding WF plaats vindt. Bij een

verstoring van de operationele verbinding WF, bijvoorbeeld door vezelbreuk, wordt in beide protectieschakelaars overgeschakeld op de protectieverbinding PF. De besturing van de protectieschakelaars, die in de figuur niet nader is aangeduid, geschieft op bekende wijze en maakt op zich geen deel uit van de uitvinding. In de

5 protectieverbinding PF zijn twee optische schakelaars S_1 en S_2 opgenomen, die een sectie PF_1 van de protectieverbinding insluiten tussen netwerknooppunten N_3 en N_4 . De schakelaars S_1 en S_2 zijn schakelbaar tussen een eerste schakelstand (parallelstand in de figuur, met onderbroken lijnen) waarin eerste en tweede poorten p_1 en p_2 zijn doorverbonden respectievelijk met derde en vierde poorten p_3 en p_4 , en een tweede

10 schakelstand (kruisstand in de figuur, met getrokken lijnen) waarin de eerste en tweede poorten p_1 en p_2 zijn doorverbonden respectievelijk met de vierde en derde poorten p_4 en p_3 . De schakelaars S_1 en S_2 worden bestuurd met stuursignalen respectievelijk afgegeven door signaaldetectiemiddelen M_1 en M_2 , die zijn gekoppeld met aan de eerste poort p_1 van de schakelaars S_1 en S_2 geplaatste optische signaal-uitkoppelmiddelen C_1

15 en C_2 , respectievelijk. De signaal-uitkoppelmiddelen zijn zo gedimensioneerd en gericht, dat zij een fractie, bijvoorbeeld 10%, van het vermogen van een optische signaal dat aan de poort p_1 van de betreffende schakelaar binnenkomt, uitkoppelen en leiden naar de met de uitkoppelmiddelen gekoppelde detectiemiddelen.

De configuratie werkt als volgt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen

20 signaalverkeer met hoge prioriteit en signaalverkeer met lage prioriteit. Het signaalverkeer tussen de bron S en de bestemming D is verkeer met hoge prioriteit in de figuur aangeduid met tr_H , en wordt hierna ook wel hoge prioriteitssignaal tr_H genoemd. Bij ongestoord bedrijf wordt het signaalverkeer met hoge prioriteit tr_H geleid over de operationele verbinding WF. Alleen bij storing op de operationele verbinding worden de

25 protectieschakelaars PS_1 en PS_2 omgeschakeld en het verkeer tr_H tussen de bron S en de bestemming D via de protectieverbinding PF geleid. Om bij ongestoord bedrijf de protectieverbinding niet ongebruikt te laten, wordt ter verhoging van de signaaltransport-capaciteit in het netwerk over althans een deel van de

protectieverbinding PF, i.c. sectie PF_1 , signaalverkeer geleid. Dit verkeer, dat

30 signaalverkeer met lage prioriteit of lage prioriteitssignaal wordt genoemd, aangeduid met tr_L , moet echter verdwijnen van de protectieverbinding, zodra er door het signaalverkeer met hoge prioriteit van de protectieverbinding gebruik moet worden

gemaakt. In de ongestoorde situatie staan de schakelaars S_1 en S_2 beide in de hierboven aangeduide kruisstand. Er zijn nu twee mogelijkheden om het signaalverkeer met lage prioriteit tr_L over de betreffende sectie PF_1 van de prioriteitsverbinding PF te leiden. Volgens de eerste mogelijkheid, de codirectionele variant genoemd, wordt het signaalverkeer tr_L (getrokken pijl) via de tweede poort p_2 van de schakelaar S_1 op de verbindingssectie PF_1 , gezet ('add') en aan de vierde poort p_4 van de tweede schakelaar S_2 ervan afgehaald ('drop'). Volgens de tweede mogelijkheid, de contradirectionele variant genoemd, wordt dit signaalverkeer in tegengestelde richting (gestippelde pijl) via de vierde poort p_4 van de schakelaar S_2 op de verbindingssectie PF_1 , gezet en aan de tweede poort p_2 van de eerste schakelaar S_2 ervan afgehaald. Door de kruisstand van de schakelaars is als het ware de sectie PF_1 van de totale protectieverbinding losgekoppeld ten behoeve van het gebruik voor signaalverkeer met lage prioriteit. Zodra echter het hoge prioriteitssignaal tr_H door omzetting van de protectieschakelaar PS_1 over de protectieverbinding PF wordt geleid, moet de protectieverbinding zo snel mogelijk worden hersteld. Daartoe wordt, zodra de aankomst van het hoge prioriteitssignaal bij de poort p_1 van de schakelaar S_1 in knooppunt N_3 door de detectiemiddelen M_1 wordt gedetecteerd, de schakelaar S_1 in de parallelstand gezet. Het hoge prioriteitssignaal tr_H propageert over de sectie PF_1 , verder in de richting van de tweede schakelaar S_2 in het knooppunt N_4 . Daar wordt de aankomst van dit signaal bij de poort p_1 van de tweede schakelaar S_2 door de detectiemiddelen M_2 gedetecteerd, en wordt de schakelaar S_2 in de parallelstand gezet. Na omschakeling van de schakelaars S_1 en S_2 naar de parallelstand is de protectieverbinding PF hersteld, en wordt het lage prioriteitssignaal tr_L , in de codirectionele variant bij de schakelaar S_1 in knooppunt N_3 , en in de contradirectionele variant bij schakelaar S_2 in het knooppunt N_4 , niet meer aan de sectie PF_1 toegevoegd, en wordt het hoge prioriteitssignaal tr_H naar de bestemming D geleid. De contradirectionele variant heeft het voordeel dat de detectiemiddelen M_1 en M_2 door een richting-selectieve inrichting van de signaal-uitkoppelmiddelen C_1 en C_2 geen verdere maatregelen nodig hebben om de aankomst van het hoge prioriteitssignaal tr_H te kunnen detecteren. De contradirectionele variant is echter minder eenvoudig te combineren met optische versterkers. In de codirectionele variant is het een vereiste dat in ieder geval in het knooppunt N_4 met de detectiemiddelen M_2 samen met de uitkoppelmiddelen C_2 een selectieve detectie mogelijk is tussen toestanden waarin aan de poort p_1 het hoge prioriteitssignaal tr_H wel en niet aanwezig is. Dit kan bijvoorbeeld

worden bereikt door het hoge en lage prioriteitssignaalverkeer bij verschillende golflengten, algemener bij verschillende golflengtespectra, te laten plaats vinden en bijvoorbeeld de uitkoppelmiddelen C_2 of de detectiemiddelen M_2 golflengte-selectief te maken voor de golflengte, c.q. (een deel van) het golflengtespectrum waarin het

5 golflengtespectrum van het hoge prioriteitssignaal verschilt van dat van het lage prioriteitssignaal. Om de configuratie eenvormig te houden bezitten de uitkoppelmiddelen C_1 of de detectiemiddelen M_1 bij voorkeur eenzelfde golflengte-selectiviteit. Een detectiemechanisme dat gebaseerd is op golflengte-selectiviteit is zeer efficiënt in geval de hoge en/of lage prioriteitssignalen WDM-signalen zijn (zie hierna).

10 In beide varianten, de codirectionele en de contradirectionele, kan in plaats van golflengte- of richtingselectiviteit, ook gebruik worden gemaakt van detectiemiddelen die selectief zijn voor een signaal dat typisch is voor het hoge prioriteitssignaal, en niet aanwezig is in het lage prioriteitssignaal, zoals een 'pilot'-signaal met een specifieke modulatie die door de detectiemiddelen kan worden herkend.

15 De protectieverbinding PF kan in meer secties, soortgelijk als de sectie PF_1 , zijn opgedeeld ten behoeve van nog meer lage prioriteitsverkeer, bijvoorbeeld in geval de protectieverbinding via nog andere netwerkknooppunten loopt. In dat geval zijn in de prioriteitsverbinding PF drie of meer schakelaars, soortgelijk als de schakelaars S_1 en S_2 , met bijbehorende detectiemiddelen opgenomen. Daarbij is ook transit-verkeer mogelijk

20 door naar behoefte tussenliggende schakelaars in de parallelstand te zetten. Bij komst van het hoge prioriteitssignaal hoeven deze niet meer te worden omgezet.

De toepassing van uitkoppelmiddelen aan de eerste poort p_1 van de schakelaars S_1 en S_2 , ten behoeve van de detectie van het hoge prioriteitssignaal, heeft de beperking dat bij gebruik van de protectieverbinding PF het signaal bij het passeren van

25 een aantal schakelaars teveel wordt verzwakt. Dit kan worden voorkomen door de uitkoppelmiddelen te plaatsen aan de vierde poort p_4 van elke schakelaar. Voor een schakelaar S_3 en uitkoppelmiddelen C_3 is dit getoond in FIG. 2.

Als bij een schakelaar de poort p_4 niet in gebruik is voor het toevoegen of afnemen van het lage prioriteitssignaal, respectievelijk in de contra- en co-directionele variant, kunnen de detectiemiddelen ook rechtstreeks op de poort p_4 worden aangesloten. Voor een schakelaar S_4 en detectiemiddelen M_4 is dit getoond in FIG. 3.

In de tot hiertoe beschreven uitvoeringsvoorbeelden kan zowel het hoge als het lage prioriteitssignaal een optisch WDM-signaal zijn, welke signalen door de diverse schakelaars compleet worden geschakeld. Indien echter het hoge prioriteitssignaal een 5 WDM-signaal is, dat een n-tal WDM-kanalen omvat, waarbij elk WDM-kanaal correspondeert met een aparte golflengte λ_i ($i = 1, \dots, n$) in het WDM-signaal, kan over een of meer secties van de protectieverbinding in principe ook elk WDM-kanaal afzonderlijk worden benut voor signaaloverdracht met lage prioriteit. Daartoe wordt aan het begin en eind van elke sectie, in plaats van een enkelvoudige schakelaar met bijbehorende 10 detectiemiddelen, zoals de schakelaars S_1 en S_2 in FIG. 1, een optische toevoeg- en afneem-multiplexeerinrichting ('Optical Add/Drop Multiplexer'), hierna aangeduid met OADM, toegevoegd. De afzonderlijke WDM-kanalen worden verder aangeduid met hun golflengte λ_i ($i = 1, \dots, n$). FIG. 4 toont hiervan een eerste variant, in een contradirectionele 15 uitvoering, waarbij een OADM 40 is opgenomen in een protectieverbinding. De OADM omvat een bidirectionele (de)multiplexer 42 met een in/uitpoort 44 en een bidirectionele (de)multiplexer 46 met een in/uitpoort 48, voor het uitsplitsen en weer samenvoegen 20 van een n-tal WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ in elk van beide signaaltransmissierichtingen. In de WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ zijn optische 2x2-schakelaars SP_1, \dots, SP_n opgenomen voorzien van detectiemiddelen MM_1, \dots, MM_n , een en ander per WDM-kanaal op een soortgelijke wijze 25 als de schakelaar S_1 of S_2 met bijbehorende detectiemiddelen in FIG. 1. Voor het toevoegen of afnemen van signalen met lage prioriteit tr_L , respectievelijk aan de vierde en de tweede poort van de schakelaars, staan bij ongestoorde operatie de schakelaars SP_1, \dots, SP_n in de kruisstand. Zodra het hoge prioriteitssignaal tr_H als WDM-signaal op de 30 in/uitpoort 44 van de (de)multiplexer 42 binnentreedt, wordt dit signaal uitgesplitst naar signaalcomponenten in de verschillende WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$. Vervolgens wordt in ieder kanaal de eventueel aanwezige signaalcomponent van het hoge prioriteitssignaal afzonderlijk gedetecteerd, en na omschakeling van de bij het kanaal behorende schakelaar doorgegeven aan de (de)multiplexer 46, en tenslotte met in andere kanalen doorgegeven signaalcomponenten van het hoge prioriteitssignaal weer samengevoegd tot een WDM-signaal van het hoge prioriteitssignaal tr_H dat via de in/uitpoort 48 verder propageert over de protectieverbinding.

Op soortgelijke wijze als FIG. 4 toont FIG. 5 een tweede variant voor een WDM-toepassing, nu in een codirectionele uitvoering. In deze variant is het hoge prioriteitssignaal tr_H een WDM-signaal dat naast het n-tal WDM-kanalen nog een extra WDM-kanaal met een specifieke golflengte λ_s omvat, dat een herkenningsfunctie bezit voor het hoge prioriteitssignaal op de protectieverbinding, en waaraan derhalve de aanwezigheid van het hoge prioriteitssignaal op de protectieverbinding ondubbelzinnig is te detecteren. Dit extra WDM-kanaal, dat hierna ook herkenningskanaal ('signature channel') λ_s wordt genoemd, kan al behoren tot het hoge prioriteitssignaal over de operationele verbinding, maar kan ook pas bij overgang naar de protectieverbinding aan het signaal worden toegevoegd. Het hoge prioriteitssignaal inclusief het herkenningskanaal wordt aangeduid met $tr_H(\lambda_s)$. FIG. 5 toont een OADM 50 opgenomen in een protectieverbinding aan het begin of het einde van elke sectie van die verbinding, die wordt gebruikt voor lage prioriteitsverkeer. De OADM 50 omvat een demultiplexer 52 met een ingangspoort 54 en een multiplexer 56 met een uitgangspoort 58, respectievelijk voor het uitsplitsen en weer samenvoegen van een n-tal WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ en het extra WDM-kanaal λ_s . In de WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ zijn optische 2x2-schakelaars SQ_1, \dots, SQ_n opgenomen, een en ander per WDM-kanaal op een soortgelijke wijze als de schakelaar S_1 of S_2 in FIG. 1, nu zonder de bijbehorende detectiemiddelen. Met het extra WDM-kanaal λ_s zijn detectiemiddelen MM gekoppeld voor de gelijktijdige aansturing van de schakelaars SQ_1, \dots, SQ_n in de WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$. Voor het toevoegen of afnemen van signalen met lage prioriteit tr_L , respectievelijk aan de tweede en de vierde poort van de schakelaars, staan bij ongestoorde operatie de schakelaars SQ_1, \dots, SQ_n in de kruisstand. Het herkenningskanaal λ_s wordt hierbij niet voor lage prioriteitsverkeer gebruikt. Zodra op de ingangspoort 54 van de demultiplexer 52 het WDM-signaal van het hoge prioriteitssignaal $tr_H(\lambda_s)$ binnentreedt, wordt dit uitgesplitst naar signaalcomponenten in de verschillende WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ en λ_s . Vervolgens wordt met de detectie van de signaalcomponent in het herkenningskanaal λ_s de aanwezigheid van het hoge prioriteitssignaal gedetecteerd, en worden de schakelaars SQ_1, \dots, SQ_n in de WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ omgeschakeld, waardoor de signaalcomponenten worden doorgegeven aan de multiplexer 56. Daar worden de signaalcomponenten in de verschillende WDM-kanalen weer samengevoegd tot een WDM-signaal van hoge

prioriteit $tr_H(\lambda_s)$, dat via de uitgangspoort 58 verder kan propageren over een daarop aangesloten protectieverbinding.

Zowel de OADM 40 in FIG. 4 als de OADM 50 in FIG. 5 kan zijn ingericht om nog signalen in andere WDM-kanalen, in de figuren aangeduid met $\{\lambda_W\}$, te verwerken, die operationeel signaalverkeer betreffen met een protectieroute via een ander, niet getekend, deel van een netwerk. Ook kan hiervoor de operationele verbinding WF van FIG. 1 zelf worden benut, als ook de knooppunten N1 en N2 daartoe met passende OADMs zijn ingericht. Een dergelijk protectie-principe wordt onder meer toegepast in ringvormige optische transmissienetwerken met protectieconfiguratie voor de transmissie van WDM-signalen. In dergelijke netwerken, hierna kortheidshalve aangeduid met WDM-ringen, zijn drie of meer knooppunten opgenomen in en onderling verbonden door (tenminste) twee optische verbindingen die twee ringen vormen, hierna dubbelring genoemd, voor de transmissie van WDM-signalen tussen de knooppunten in twee onderling tegengestelde transmissierichtingen. Elk knooppunt is daarbij van protectieschakelmiddelen voorzien voor het overschakelen van signaaltransmissie over een operationele verbinding in een eerste of in een tweede transmissierichting naar signaaltransmissie over een protectieverbinding via de dubbelring respectievelijk in de tweede of in de eerste transmissierichting. Daarbij heeft een operationele verbinding via een sectie van de dubbelring tussen elk tweetal naburige knooppunten in de dubbelring steeds een protectieverbinding via een met die sectie complementair deel van de dubbelring, in geval de operationele verbinding over die sectie van de dubbelring in een foutconditie geraakt. In WDM-ringen met zogenoemde optische multiplexsectie-protectie (OMS-protectie) behoort het gehele complementaire deel tot de protectieverbinding. In WDM-ringen met optische kanaal-protectie (OCH-protectie) maakt het complementaire deel niet noodzakelijkerwijze in zijn geheel deel uit van de protectieverbinding, een en ander afhankelijk van in welke knooppunten van de dubbelring het hoge prioriteitsverkeer over de operationele verbinding zijn bron en bestemming heeft. In beide soorten WDM-ringen is over de in de ringen aanwezige protectieverbindingen lage prioriteitsverkeer zowel in codirectionele als in contradirectionele uitvoering in principe mogelijk op een wijze als hiervoor beschreven.

Hierna wordt aan de hand van de figuren FIG. 6 t/m 9 een specifieke vorm van een WDM-ring met OMS-protectie beschreven, waarin de uitvinding wordt toegepast. FIG. 6 toont een dergelijk netwerk RN met vier knooppunten RN1, RN2, RN3 en RN4,

welke zijn opgenomen in een dubbelring DR, welke een buitenring R1 en een binnenring R2 omvat, respectievelijk met signaalverkeer tussen de knooppunten in een eerste transmissierichting (in de figuur kloksgewijs), en met signaalverkeer in een tweede transmissierichting (anti-kloksgewijs). Zoals schematisch weergegeven in FIG. 7 omvat 5 een knooppunt 70, zoals een knooppunt RN_i (met i = 1, -4) van de dubbelring DR, een eerste OADM 71 en een tweede OADM 72, respectievelijk opgenomen in de buitenring R1 en in de binnenring R2, voor het toevoegen en afnemen (pijlen A/D) van WDM-kanalen op de dubbelring DR in elk van beide transmissierichtingen. Verder omvat het 10 knooppunt 70 protectieschakelaars 73 en 74 die terweerszijden van de OADMs zijn opgenomen in de dubbelring DR. De protectie is zodanig dat bij normaal bedrijf de ringen R1 en R2 intact zijn. Bij een foutconditie echter in een operationele verbinding over een sectie tussen twee naburige knooppunten of in een knooppunt zelf, worden de 15 protectieschakelaars, bijvoorbeeld onder besturing van een centraal besturingssysteem of ook met behulp van detectiemiddelen in het optische domein, terweerszijde van de desbetreffende sectie van de dubbelring of terweerszijde van het desbetreffende 20 knooppunt, zo geschakeld dat de sectie of het knooppunt met de foutconditie is losgekoppeld van de dubbelring. Daarbij wordt het betrokken operationele signaalverkeer over de dubbelring in de ene transmissierichting in de protectieschakelaar voor het van de dubbelring losgekoppelde onderdeel van richting omgekeerd en als protectiesignaalverkeer over de dubbelring in de andere transmissierichting geleid.

Over zowel de binnenring als de buitenring is signaalverkeer mogelijk van WDM-signalen die $2n + 2$ onderling verschillende WDM-kanalen omvatten. FIG. 8 toont een schema van de golflengtetoewijzing van de diverse WDM-kanalen. Bij de buitenring R1 hoort een eerste verzameling {W1} van $n + 1$ WDM-kanalen, t.w. n kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ en 25 een herkenningskanaal λ_{s1} , die operationele kanalen vormen voor operationele signaalverbindingen via de buitenring. Bij de binnenring R2 hoort eveneens een eerste verzameling {W2} van $n + 1$ WDM-kanalen, t.w. de kanalen $\lambda_{n+1}, \dots, \lambda_{2n}$ en een herkenningskanaal λ_{s2} , die operationele kanalen vormen voor operationele signaalverbindingen via de binnenring. Verder hoort bij zowel de buitenring R1 als de 30 binnenring R2 een tweede verzameling, respectievelijk de verzameling {P2} van de WDM-kanalen $\lambda_{n+1}, \dots, \lambda_{2n}$, en het herkenningskanaal λ_{s2} , en de verzameling {P1} van de WDM-kanalen $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, en het herkenningskanaal λ_{s1} , die protectiekanalen vormen voor

protectieverkeer, respectievelijk op de buitenring R1 bij een foutconditie van een operationele verbinding op de binnenring R2, en op de binnenring R2 bij een foutconditie van een operationele verbinding op de buitenring R1. Over de secties van zowel de buitenring R1 als de binnenring R2 tussen elk tweetal naburige knooppunten, zoals bijvoorbeeld het tweetal RN2 en RN3, of het tweetal RN4 en RN1, worden over de herkenningskanalen λ_{s1} en λ_{s2} , respectievelijk uit de eerste verzamelingen {W1} en {W2} van operationele kanalen, permanente, zogeheten naaste-buur verbindingen nb in stand gehouden, zoals bijvoorbeeld de naaste-buur verbindingen nb over de sectie van de buitenring R1 tussen de knooppunten RN1 en RN2, en over de sectie van de binnenring R2 tussen de knooppunten RN1 en RN4. Bij ongestoord bedrijf kunnen de protectiekanaal van de tweede verzamelingen {P1} en {P2} met uitzondering van de herkenningskanalen λ_{s1} en λ_{s2} op de buiten- en binnenring weer worden gebruikt voor signaalverkeer met een lage prioriteit, dat moet wijken bij het verschijnen van signaalverkeer met hoge prioriteit, t.w. protectieverkeer afkomstig van met de desbetreffende protectiekanaal corresponderende operationele kanalen van de eerste verzamelingen {W1} en {W2}. Daartoe zijn in elke OADM van elk knooppunt de protectiekanaal voorzien van schakelmiddelen en van detectiemiddelen voor de besturing van de schakelmiddelen, een en ander op een soortgelijke wijze als in de OADM 50 (zie FIG. 5). FIG. 9 toont schematisch een OADM 90 opgenomen in de buitenring R1. De OADM 90 omvat een demultiplexer 92 met een ingangspoort 93 en een multiplexer 94 met een uitgangspoort 95, waartussen de kanalen van de eerste verzameling {W1} van operationele kanalen en van de tweede verzameling {P2} van protectiekanaal zijn uitgesplitst. In de operationele kanalen zijn A/D-schakelmiddelen 96 opgenomen voor het toevoegen/afnemen of doorschakelen van signalen in ieder kanaal afzonderlijk. In het herkenningskanaal λ_{s1} van de verzameling {W1} van operationele kanalen is een A/D-schakelaar 98 opgenomen, die in de figuur apart is weergegeven om aan te geven dat deze permanent in de kruisstand staat ten behoeve van de naaste-buur verbindingen nb in inkomende en uitgaande richting. In de protectiekanaal zijn, met uitzondering van het herkenningskanaal λ_{s2} , schakelmiddelen 97 opgenomen voor het toevoegen/afnemen of doorschakelen van signalen met lage prioriteit tr_L(1) in ieder protectiekanaal afzonderlijk over de buitenring R1. Met het herkenningskanaal λ_{s2} van de verzameling {P2} van protectiekanaal zijn

detectiemiddelen MM gekoppeld voor de collectieve besturing van de schakelmiddelen SQ. Wanneer de aanwezigheid van een hoge prioriteitssignaal $tr_H(\lambda_{s2})$ op de ingangspoort 93 van de demultiplexer 92 in het herkenningskanaal λ_{s2} wordt gedetecteerd, worden door de schakelmiddelen SQ alle protectiekanalen

5 doorgeschakeld, zodat geen lage prioriteitssignalen $tr_L(1)$ meer kunnen worden toegevoegd of afgenoem.

Een dergelijke WDM-ring heeft het grote voordeel, dat tengevolge van de permanente aanwezigheid van een naaste-buur verbinding tussen elk tweetal naburige knooppunten over een WDM-kanaal met dezelfde golflengte, t.w. de herkenningskanalen λ_{s1} en λ_{s2}

10 respectievelijk op de buitenring en de binnenring, bij een foutconditie op een signaalverbinding over welk operationeel kanaal dan ook, het protectiesignaal, waar dan ook op een protectieverbinding over de dubbelring, steeds het desbetreffende herkenningskanaal bevat en daaraan in het optische gebied detecteerbaar is.

Bij de beschreven uitvoeringsvoorbeelden is de coöperatie van de detectiemiddelen en de schakelmiddelen bij voorkeur zodanig, dat als het hoge prioriteitssignaal niet meer wordt gedetecteerd op de protectieverbinding, de schakelmiddelen worden teruggeschakeld naar schakelstanden waarop weer lage prioriteitsverkeer mogelijk is.

F. Conclusies

1. Optisch transmissie-netwerk met protectie voor de overdracht van optische signalen met verschillende prioriteit, omvattende:

een operationele verbinding door het netwerk voor de overdracht van een

5 optisch signaal met hoge prioriteit, en

een met de operationele verbinding corresponderende protectieverbinding voor de overdracht van het optische signaal met hoge prioriteit bij een foutconditie van de operationele verbinding, welke protectieverbinding althans voor een deel is ingericht voor de overdracht van een optisch signaal met lage prioriteit, dat wijkt voor de

10 overdracht van het optische signaal met hoge prioriteit bij genoemde foutconditie, met het kenmerk, dat

genoemd deel van de protectieverbinding is voorzien van

+ optische detectiemiddelen voor het detecteren van het optische signaal met hoge prioriteit op de protectieverbinding, en

15 + optische schakelmiddelen voor het aan- en uitschakelen van de overdracht van het optische signaal met lage prioriteit over genoemd deel van de protectieverbinding onder besturing van de optische detectiemiddelen.

2. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat

20 de protectieverbinding tenminste één optische verbindingssectie insluit waarover de overdracht van optische signalen met lage prioriteit plaats vindt bij een eerste golflengtespectrum, de overdracht van de optische signalen met hoge prioriteit plaats vindt bij een tweede golflengtespectrum dat verschilt van het eerste golflengtespectrum, en de optische detectiemiddelen golflengteselectief zijn voor een 25 verschilspectrum waarin het tweede golflengtespectrum van het eerste verschilt.

3. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat

de protectieverbinding tenminste één optische verbindingssecties insluit, welke bidirectioneel is en waarover de overdracht van de optische signalen met lage prioriteit plaats vindt in een richting tegengesteld aan die van de overdracht van de optische signalen met hoge prioriteit bij foutconditie van de operationele verbinding, en de optische detectiemiddelen richtingselectief zijn.

4. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat
de protectieverbinding tenminste één optische verbindingssectie insluit waarover de
overdracht van optische signalen met lage prioriteit plaats vindt, de optische signalen
5 met hoge prioriteit een signaal insluiten dat specifiek is voor signalen met hoge
prioriteit, en de optische detectiemiddelen selectief zijn voor genoemd specifiek signaal.

5. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 2, 3 of 4, met het kenmerk, dat
de schakelmiddelen een schakelaar insluiten, welke in een eerste schakelstand het lage
10 prioriteitssignaal respectievelijk toevoegen aan en afnemen van de protectieverbinding,
en in een tweede schakelstand het hoge prioriteitssignaal doorgeven over de
protectieverbinding.

6. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat
15 de detectiemiddelen een optische vermogenssplitser insluiten voor het uitkoppelen van
een deel van het optische vermogen aanwezig op een poort van de schakelaar, waarop
een inkomend uiteinde van de protectieverbinding is aangesloten.

7. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat
20 de detectiemiddelen een optische vermogenssplitser insluiten voor het uitkoppelen van
een deel van het optische vermogen aanwezig op een poort van de schakelaar, welke in
de eerste schakelstand van de schakelaar is doorverbonden met een verdere poort van
de schakelaar, waarop een inkomend uiteinde van de protectieverbinding is
aangesloten.

25 8. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat
de detectiemiddelen rechtstreeks zijn gekoppeld met een poort van de schakelaar,
welke in de eerste schakelstand van de schakelaar is doorverbonden met een verdere
poort van de schakelaar, waarop een inkomend uiteinde van de protectieverbinding is
30 aangesloten.

9. Optisch transmissie-netwerk volgens een der conclusies 1,-,8, met het kenmerk,
dat

de hoge en/of lage prioriteitssignalen WDM-signalen zijn.

10. Optisch transmissie-netwerk volgens een der conclusies 2, 3 en 4, met het kenmerk, dat

5 - de hoge en lage prioriteitssignalen WDM-signalen zijn, waarbij het WDM-signalen van het lage prioriteitssignaal een aantal WDM-kanalen omvat dat een deelverzameling is van het aantal WDM-kanalen in het WDM-signaal van het hoge prioriteitssignaal,

- ter weerszijden van elke optische verbindingssectie in de protectieverbinding een OADM is opgenomen, waarvan de schakelmiddelen en de detectiemiddelen deel uit
10 maken,
waarbij per OADM

- + de detectiemiddelen zijn gekoppeld met tenminste een der WDM-kanalen van het hoge prioriteitssignaal, en
- + de schakelmiddelen per WDM-kanaal van het lage prioriteitssignaal een schakelaar insluiten, welke onder besturing van de detectiemiddelen twee schakelstanden heeft, een eerste schakelstand voor het toevoegen en afnemen
15 van signalen met lage prioriteit, en een tweede schakelstand voor het doorgeven van signalen met hoge prioriteit.

20 11. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat het hoge prioriteitssignaal een WDM-kanaal insluit met een golflengte die specifiek is voor het hoge prioriteitssignaal, en de detectiemiddelen zijn gekoppeld met het WDM-kanaal met genoemde specifieke golflengte.

25 12. Optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de detectiemiddelen per WDM-kanaal een optische signaaldetector insluiten voor de besturing van de bij het betreffende WDM-kanaal behorende schakelaar.

30 13. Ringvormig optisch transmissie-netwerk met protectie voor de transmissie van optische WDM-signalen, omvattende:
een aantal knooppunten opgenomen in en onderling verbonden door twee optische verbindingen die twee ringen vormen, hierna afzonderlijk eerste en tweede ring, en

tezamen dubbelring genoemd, voor signaaltransmissie in twee onderling tegengestelde transmissierichtingen tussen de knooppunten, waarbij elk knooppunt is voorzien van een eerste en een tweede OADM, respectievelijk opgenomen in de eerste en in de tweede ring, en van protectie-schakelmiddelen voor het overschakelen van signaaltransmissie over een operationele verbinding via de dubbelring in een eerste en in een tweede transmissierichting naar signaaltransmissie over een protectieverbinding via de dubbelring respectievelijk in de tweede en in de eerste transmissierichting, en waarbij met een operationele verbinding over een sectie van de dubbelring tussen een tweetal naburige knooppunten voor de overdracht van een WDM-signaal een protectieverbinding correspondeert, via een met die sectie complementair deel van de dubbelring, bij een foutconditie van de operationele verbinding over de sectie van de dubbelring,

met het kenmerk, dat

het complementaire deel van de dubbelring een verdere sectie omvat tussen een verder tweetal naburige knooppunten in de dubbelring, welke verdere sectie is ingericht voor de overdracht van een optisch signaal met lage prioriteit, dat wijkt voor de overdracht van een optisch signaal met hoge prioriteit, waarbij het signaal met hoge prioriteit bij genoemde foutconditie het genoemde WDM-signaal insluit.

14. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 13,
met het kenmerk, dat. elk der knooppunten ter weerszijden van de verdere sectie van de dubbelring is voorzien van

+ optische detectiemiddelen voor het detecteren van een optisch signaal met hoge prioriteit op de protectieverbinding, en
+ optische schakelmiddelen voor het aan- en uitschakelen van de overdracht van een optisch signaal met lage prioriteit over de verdere sectie van de dubbelring onder besturing van de optische detectie-middelen.

15. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de signalen met hoge en lage prioriteit WDM-signalen zijn, waarbij het WDM-signaal van het signaal met lage prioriteit een aantal WDM-kanalen omvat dat een

deelverzameling is van het aantal WDM-kanalen in het WDM-signalen van het signaal met hoge prioriteit;

dat in met elkaar in eenzelfde ring opgenomen OADMs ter weerszijden van de verdere sectie in de protectieverbinding de schakelmiddelen en de detectiemiddelen deel uit

5 maken van de OADM, waarbij per OADM

+ de detectiemiddelen zijn gekoppeld met tenminste een der WDM-kanalen van het signaal met hoge prioriteit, en

+ de schakelmiddelen per WDM-kanaal van het signaal met lage prioriteit een schakelaar insluiten, welke onder besturing van de detectiemiddelen twee

10 schakelstanden heeft, een eerste schakelstand voor het toevoegen en afnemen van signalen met lage prioriteit, en een tweede schakelstand voor het doorgeven van signalen met hoge prioriteit.

16. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 15, met het kenmerk,

15 dat

het hoge prioriteitssignaal een WDM-kanaal insluit met een golflengte die specifiek is voor het hoge prioriteitssignaal, en de detectiemiddelen zijn gekoppeld met het WDM-kanaal met genoemde specifieke golflengte voor de aansturing van de schakelaar van elk WDM-kanaal van het signaal met lage prioriteit.

20

17. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 15, met het kenmerk,

dat

een signaal met hoge prioriteit over de protectieverbinding via de eerste ring een WDM-kanaal insluit met een eerste golflengte specifiek voor het signaal met hoge prioriteit in de eerste transmissierichting en het signaal met hoge prioriteit over de protectieverbinding via de tweede ring een WDM-kanaal insluit met een tweede golflengte specifiek voor het signaal met hoge prioriteit in de tweede transmissierichting, en de detectiemiddelen een eerste en een tweede optische signaaldetector insluiten, welke eerste signaaldetector is gekoppeld met het WDM-kanaal met de eerste specifieke golflengte voor de aansturing van de schakelaar van elk WDM-kanaal van het signaal met lage prioriteit over de protectieverbinding via de eerste ring, en welke tweede signaaldetector is gekoppeld met het WDM-kanaal met de

tweede specifieke golflengte voor de aansturing van de schakelaar van elk WDM-kanaal van het signaal met lage prioriteit over de protectieverbinding via de tweede ring.

18. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 17, met het kenmerk,

5 dat

een WDM-signaal over een operationele verbinding via de eerste ring tussen elk tweetal naburige knooppunten een WDM-kanaal insluit met de tweede specifieke golflengte, en een WDM-signaal over een operationele verbinding via de tweede ring tussen elk tweetal naburige knooppunten een WDM-kanaal insluit met de eerste specifieke

10 golflengte.

19. Ringvormig optisch transmissie-netwerk volgens conclusie 15, met het kenmerk,

dat

de detectiemiddelen per WDM-kanaal een optische signaaldetector insluiten voor de besturing van de bij het betreffende WDM-kanaal behorende schakelaar.

1092568

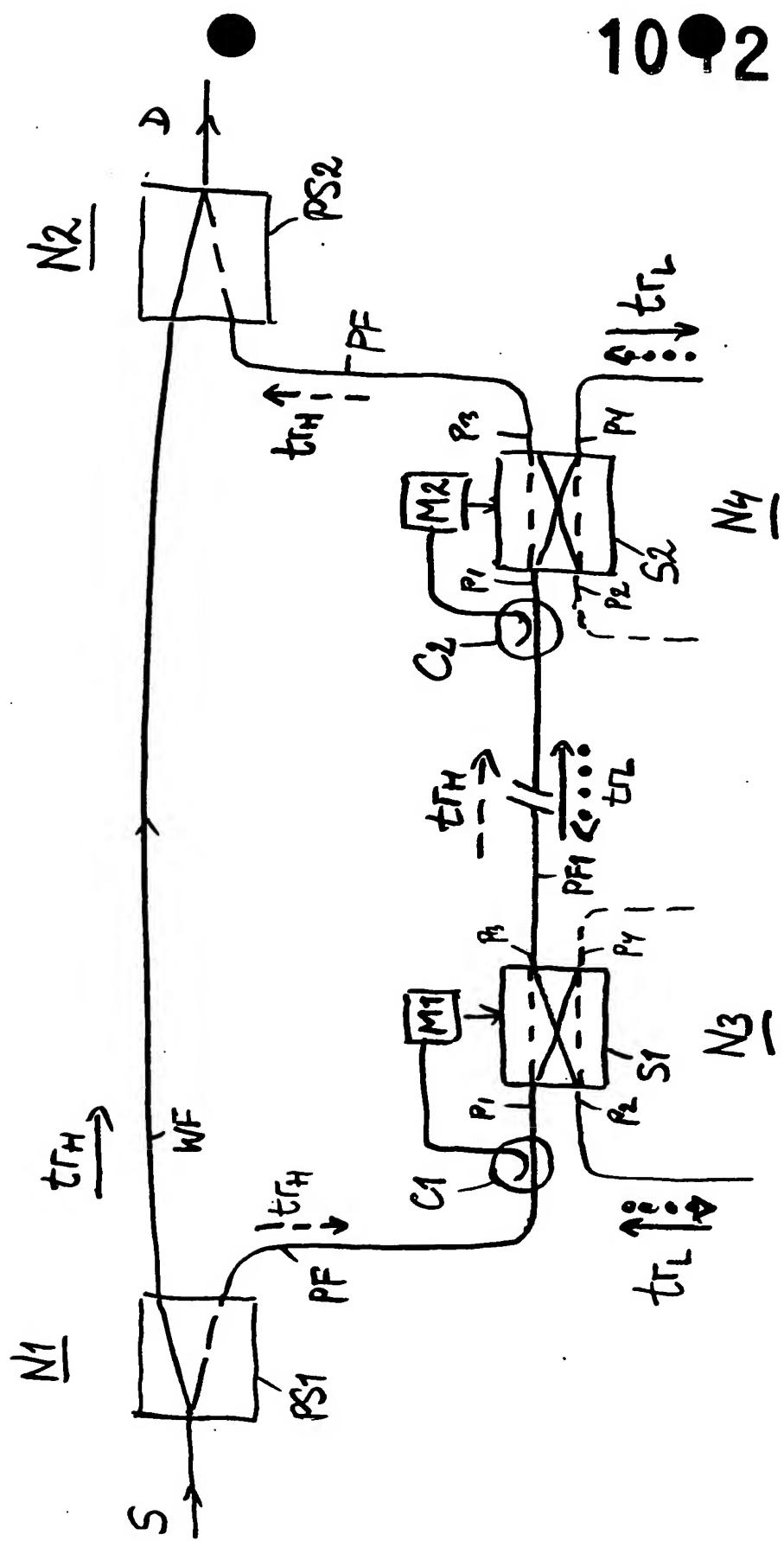


FIG. 1

GTCA

1092568

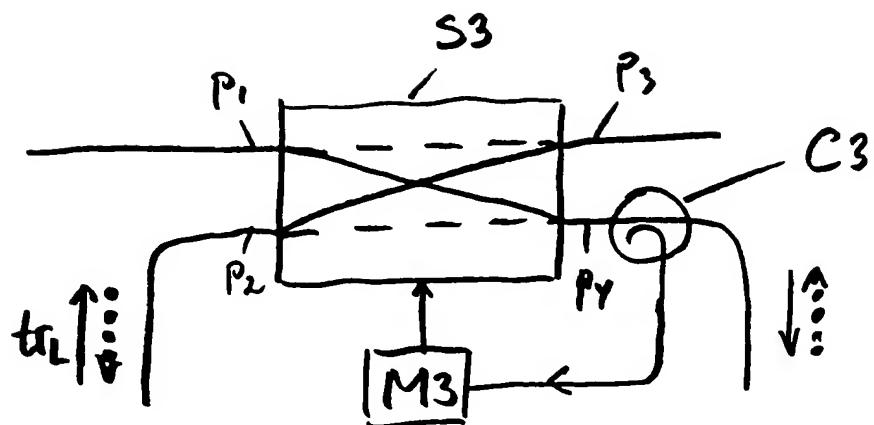


FIG. 2

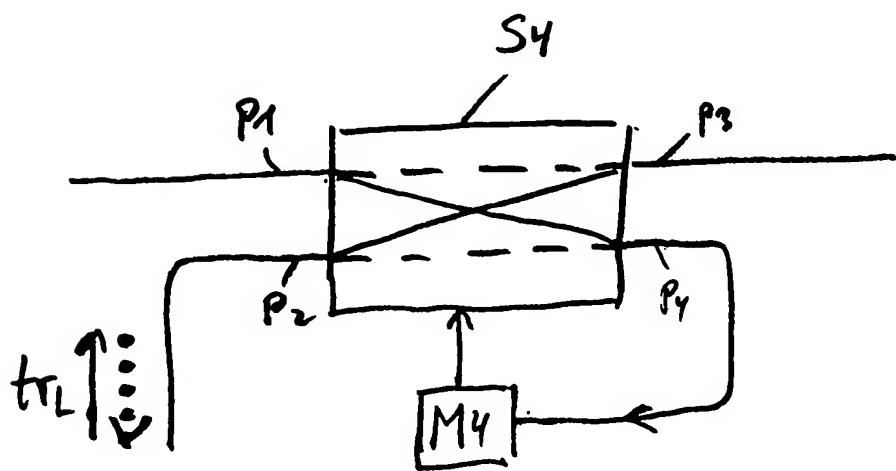
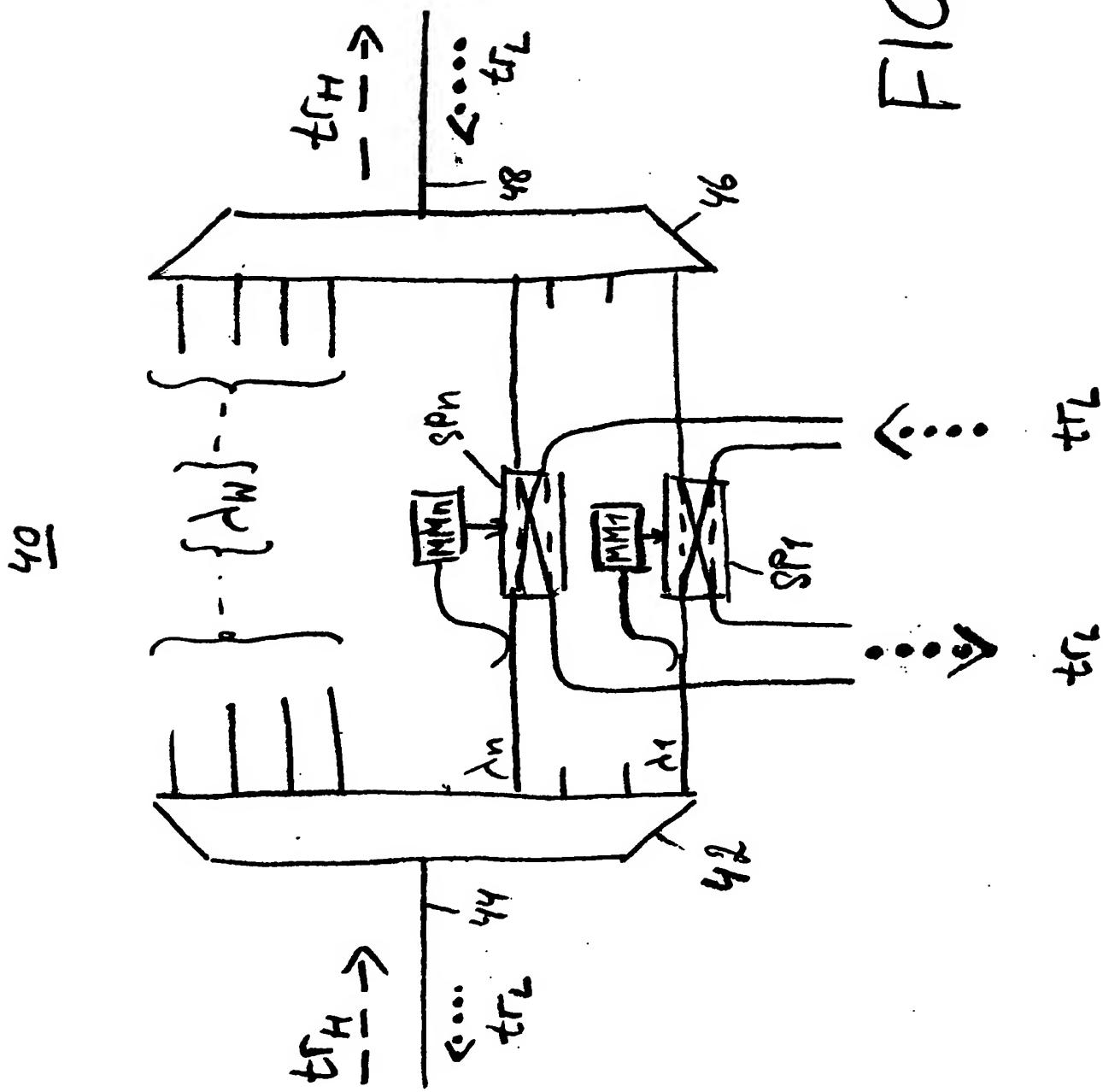


FIG. 3

geth

1012568

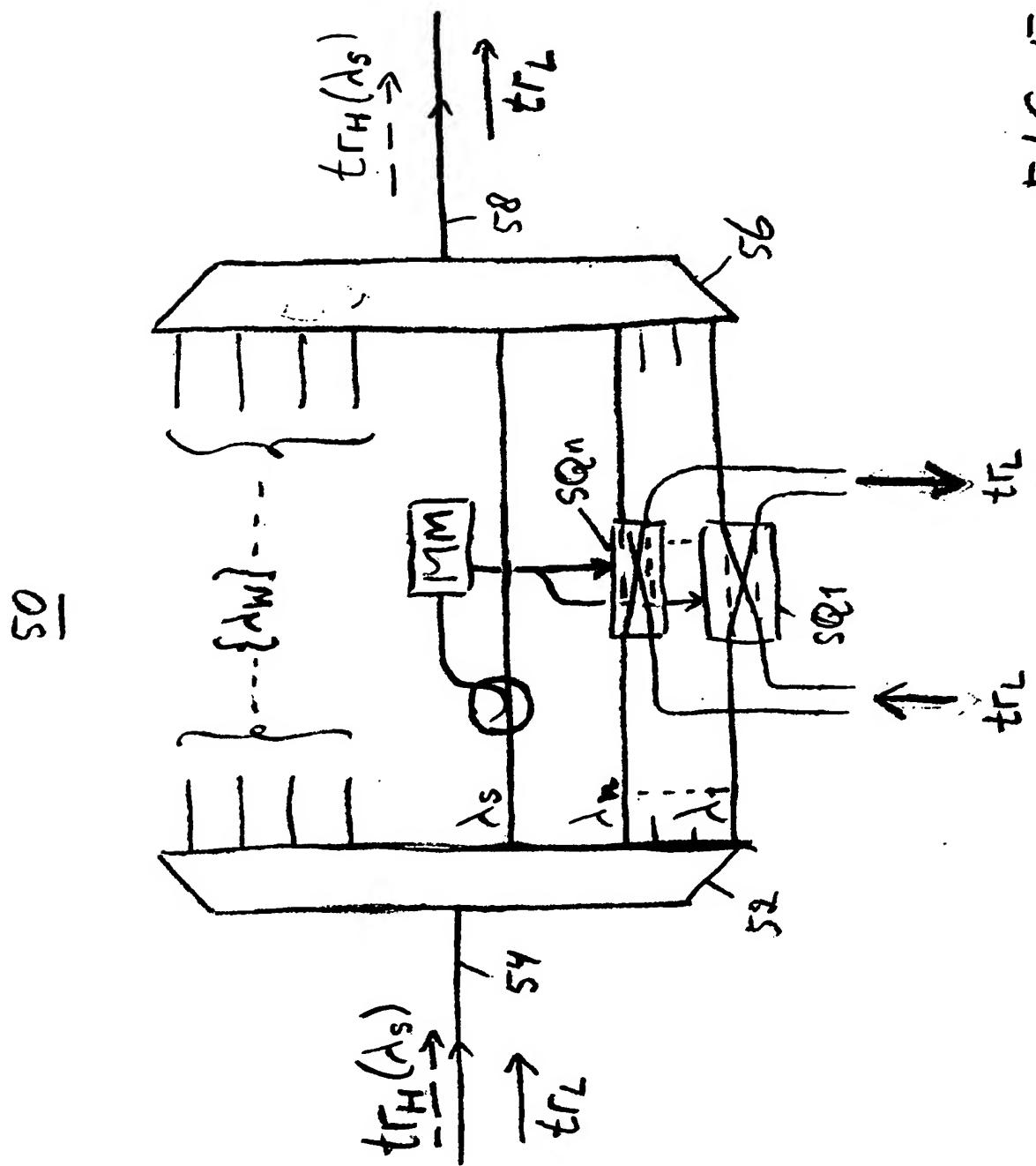
FIG. 4



Get C

• 012568

FIG. 5



Graph

1012568

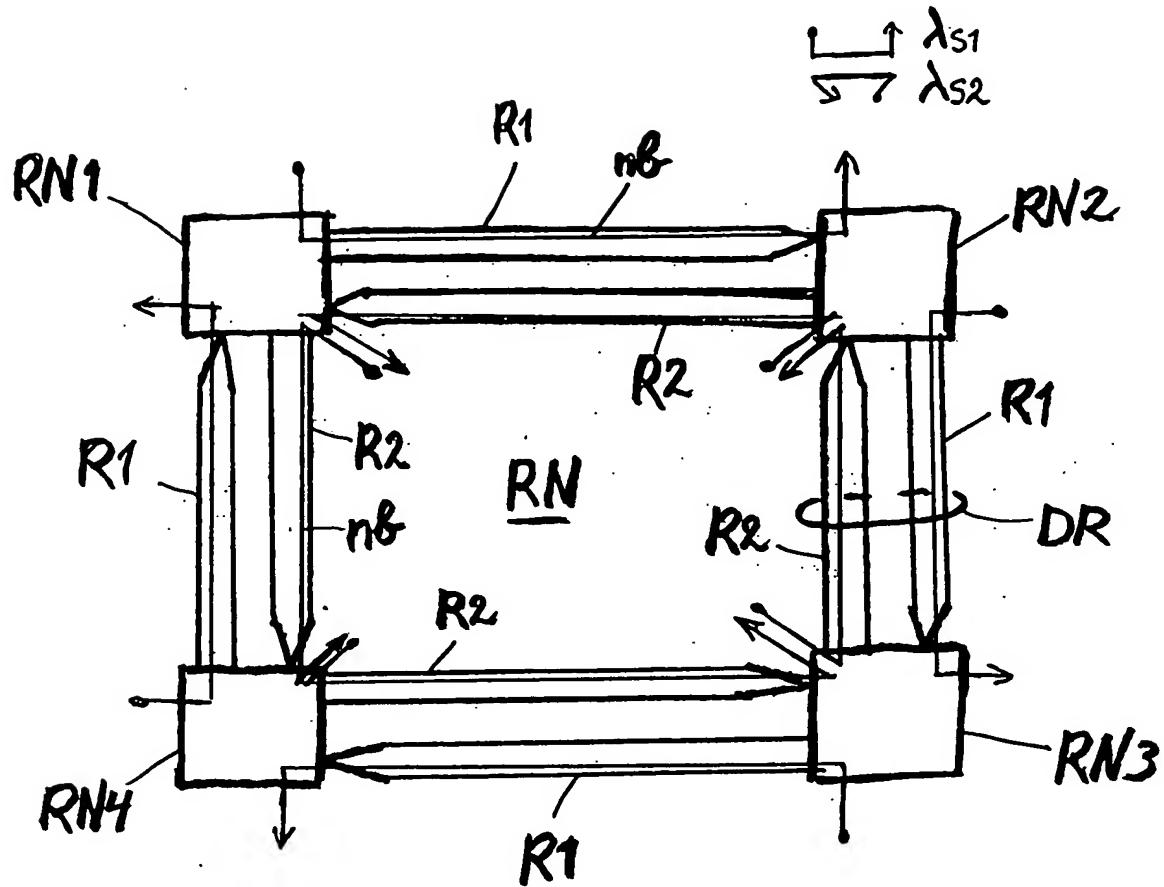
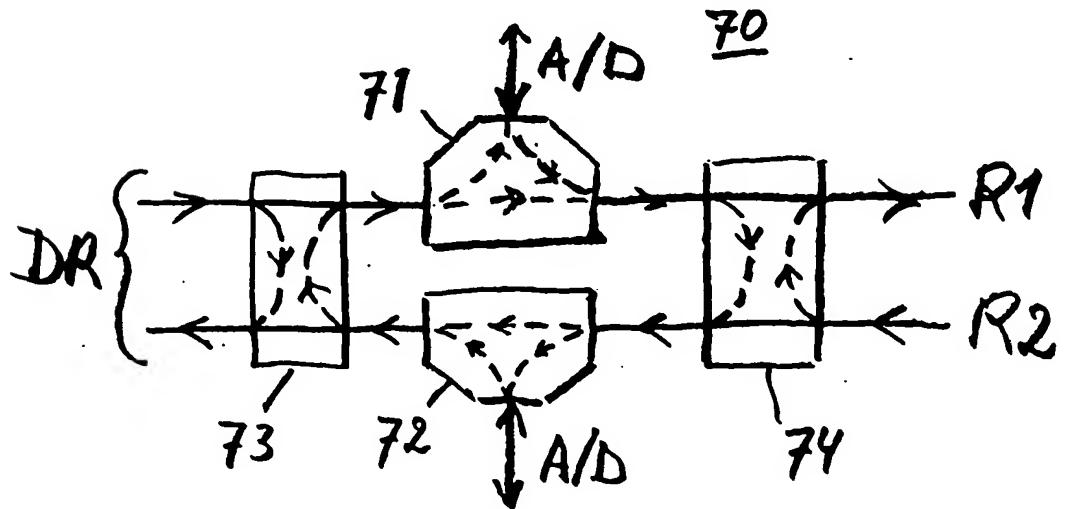


FIG. 6



gfl

FIG. 7

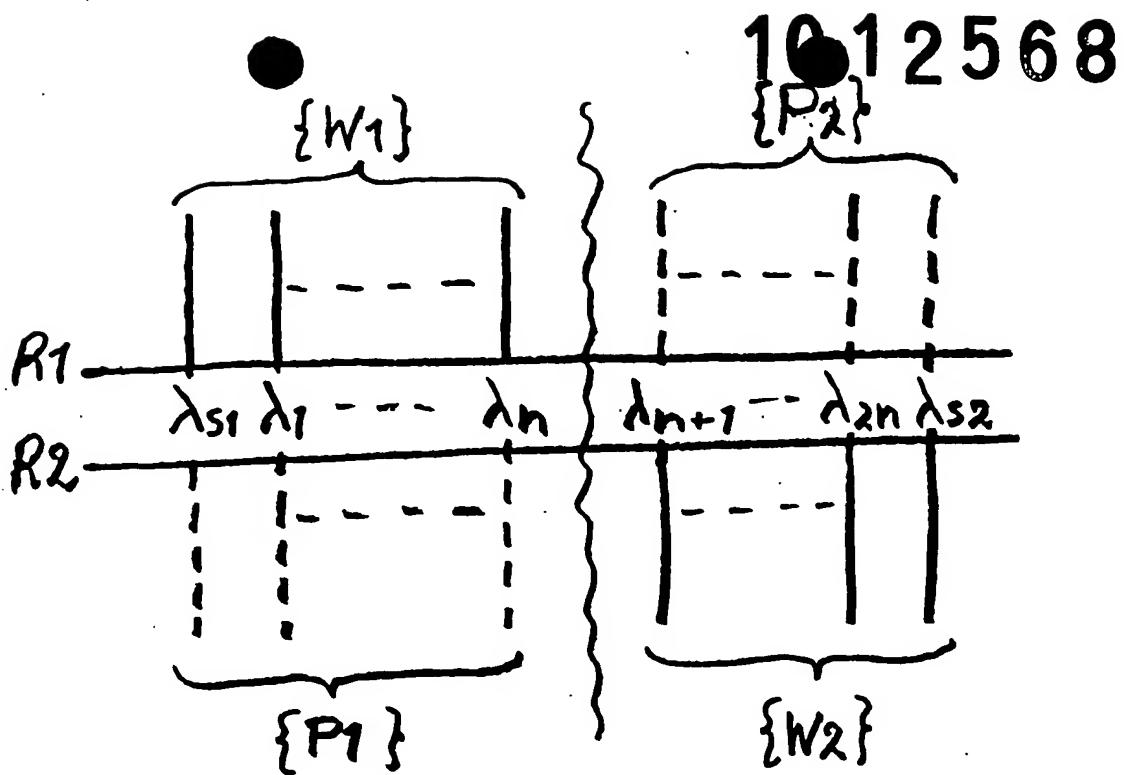


FIG. 8

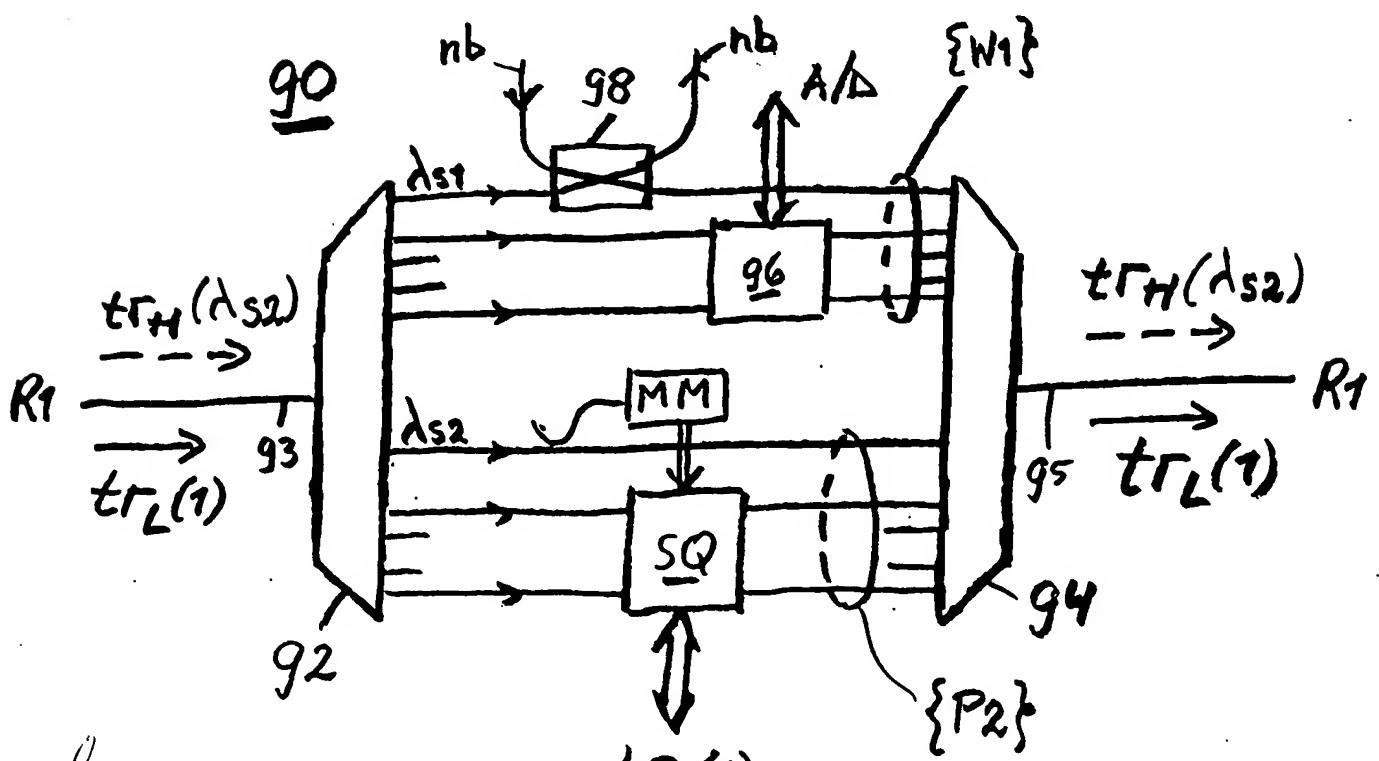


FIG. 9

1012568

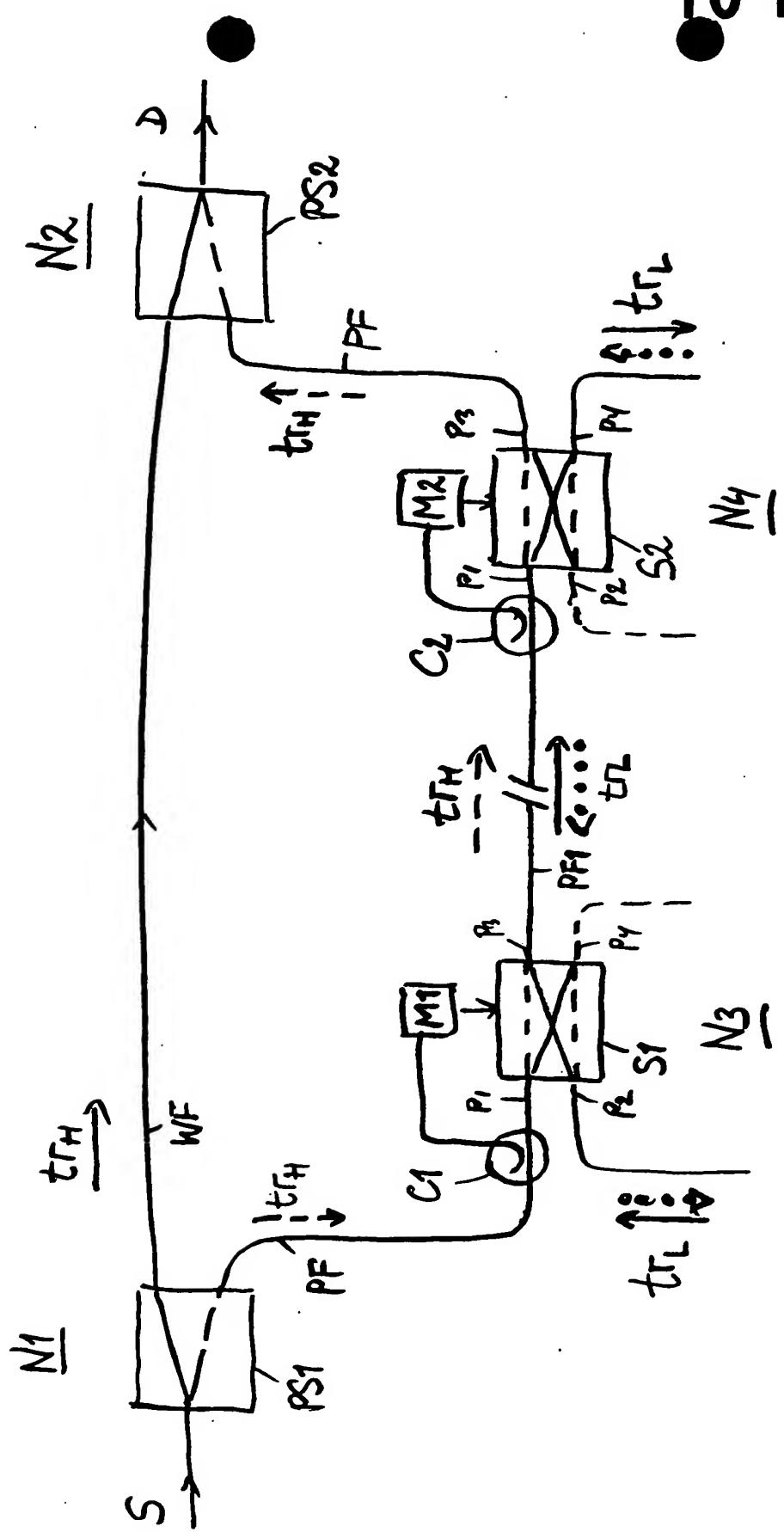


FIG. 1

gfa

1012568

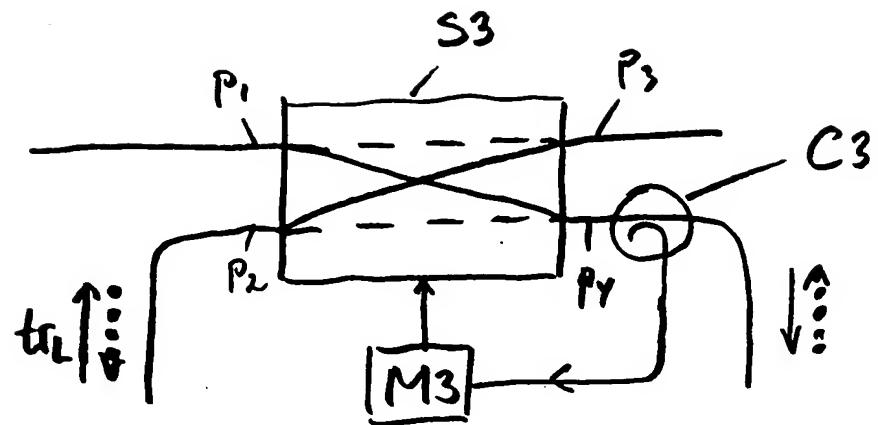


FIG. 2

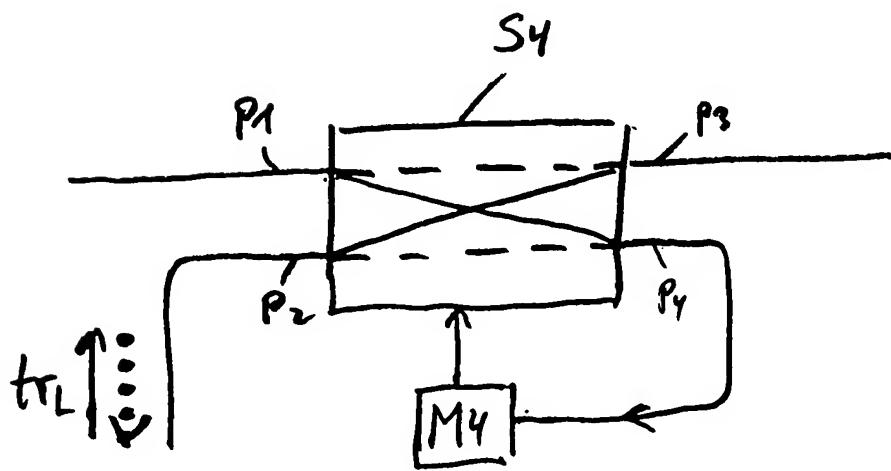


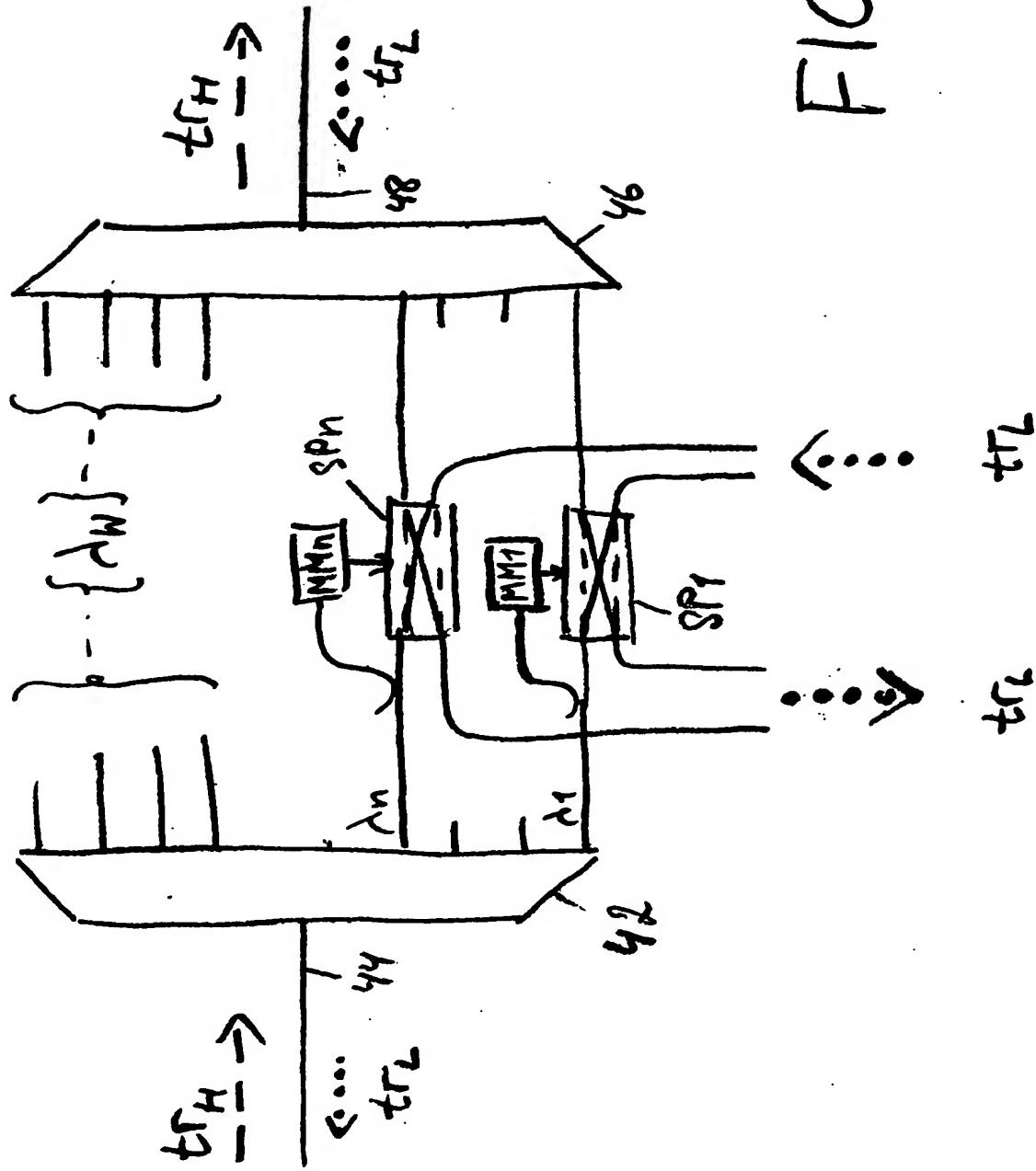
FIG. 3

get it 6

1012568

FIG. 4

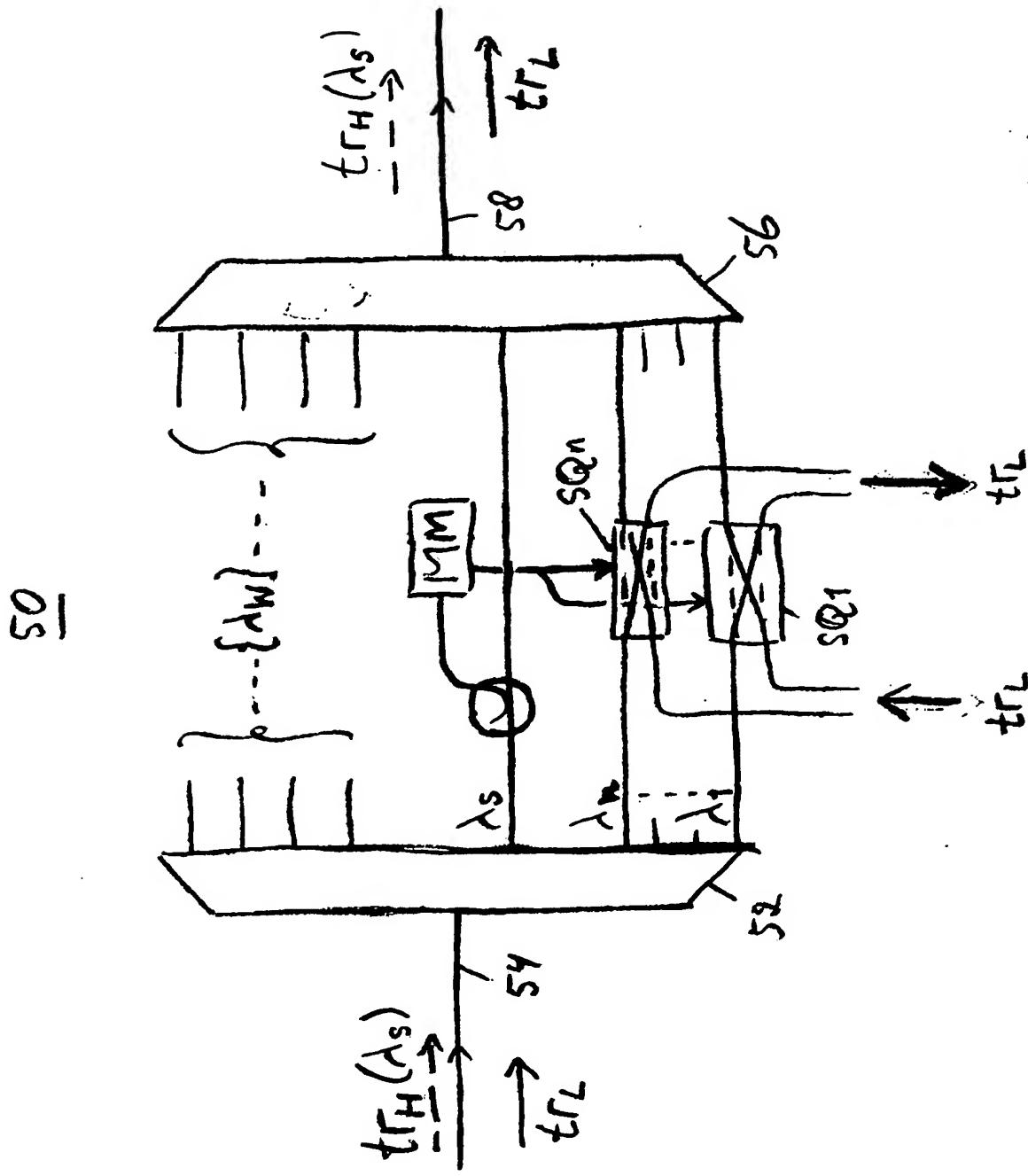
40



gwc

1012568

FIG. 5



1012508

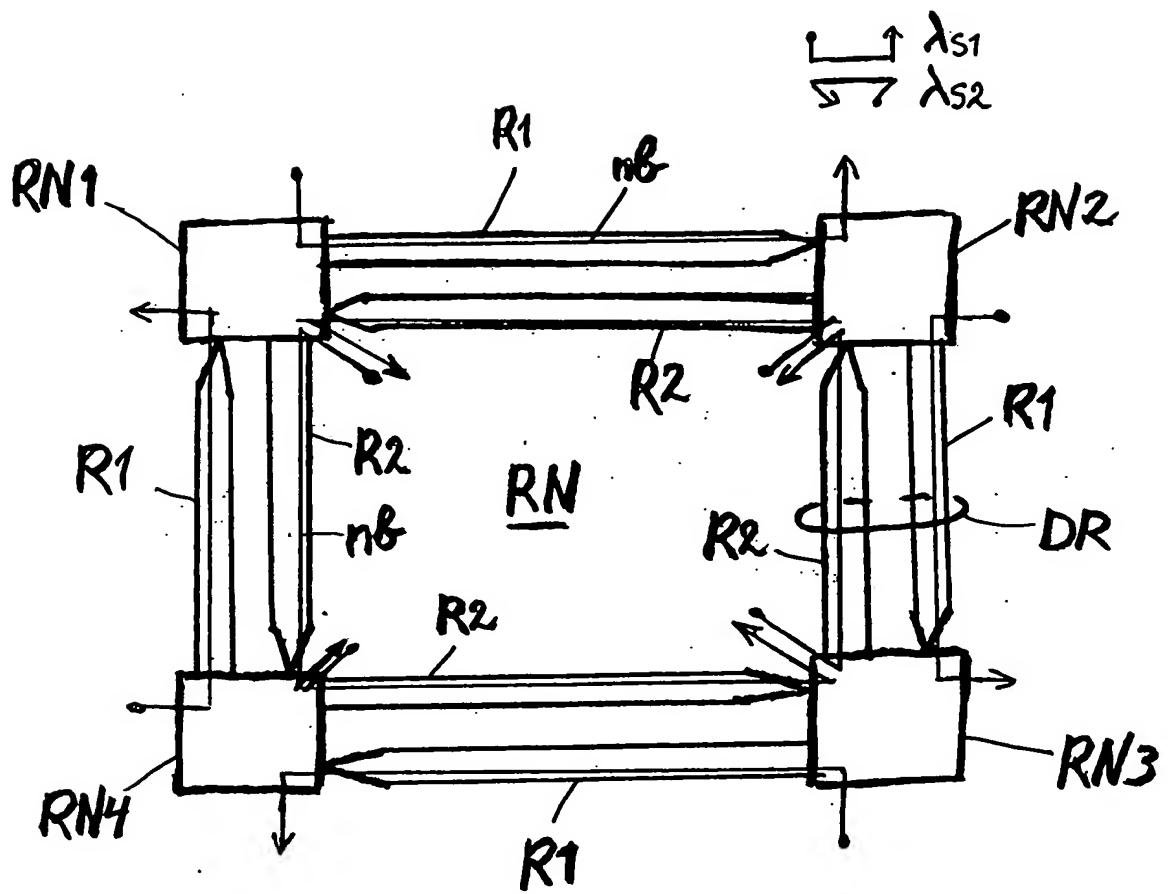


FIG. 6

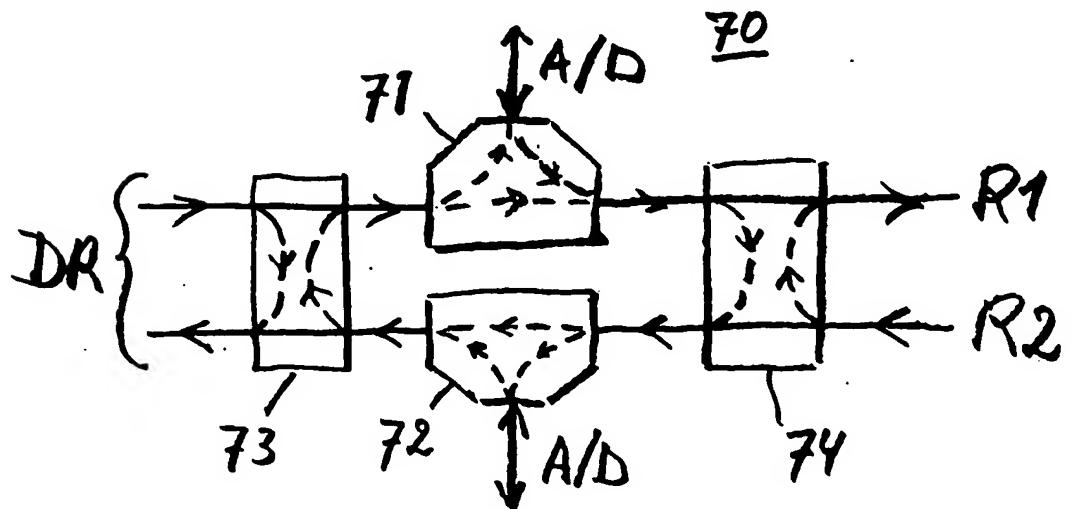


FIG. 7

1012568

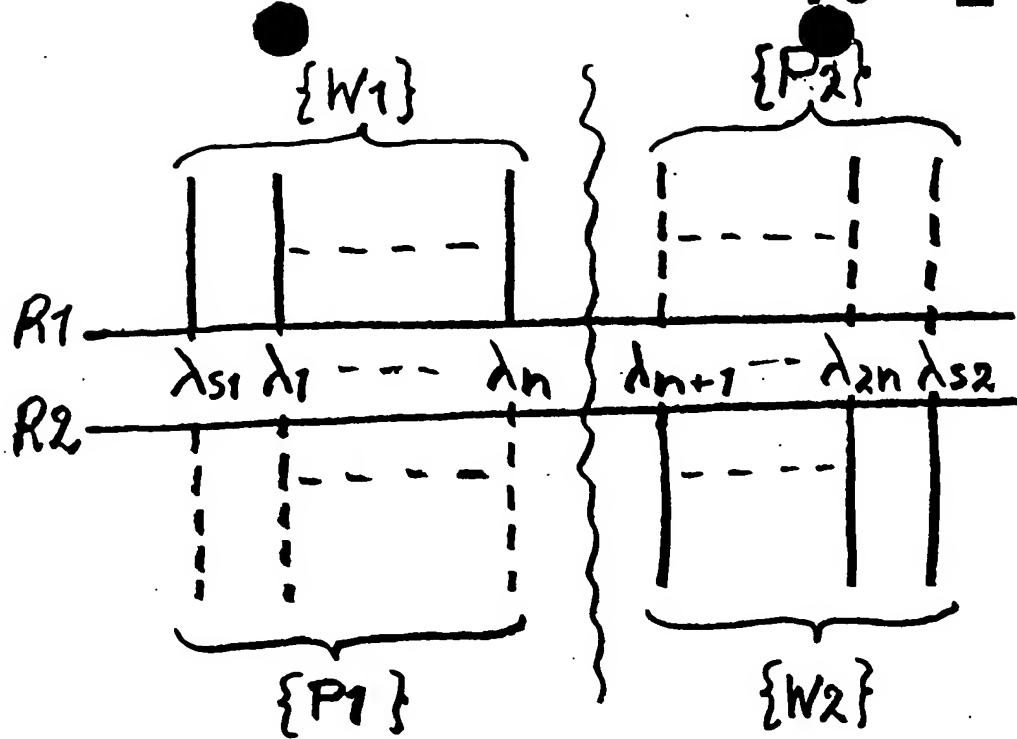


FIG. 8

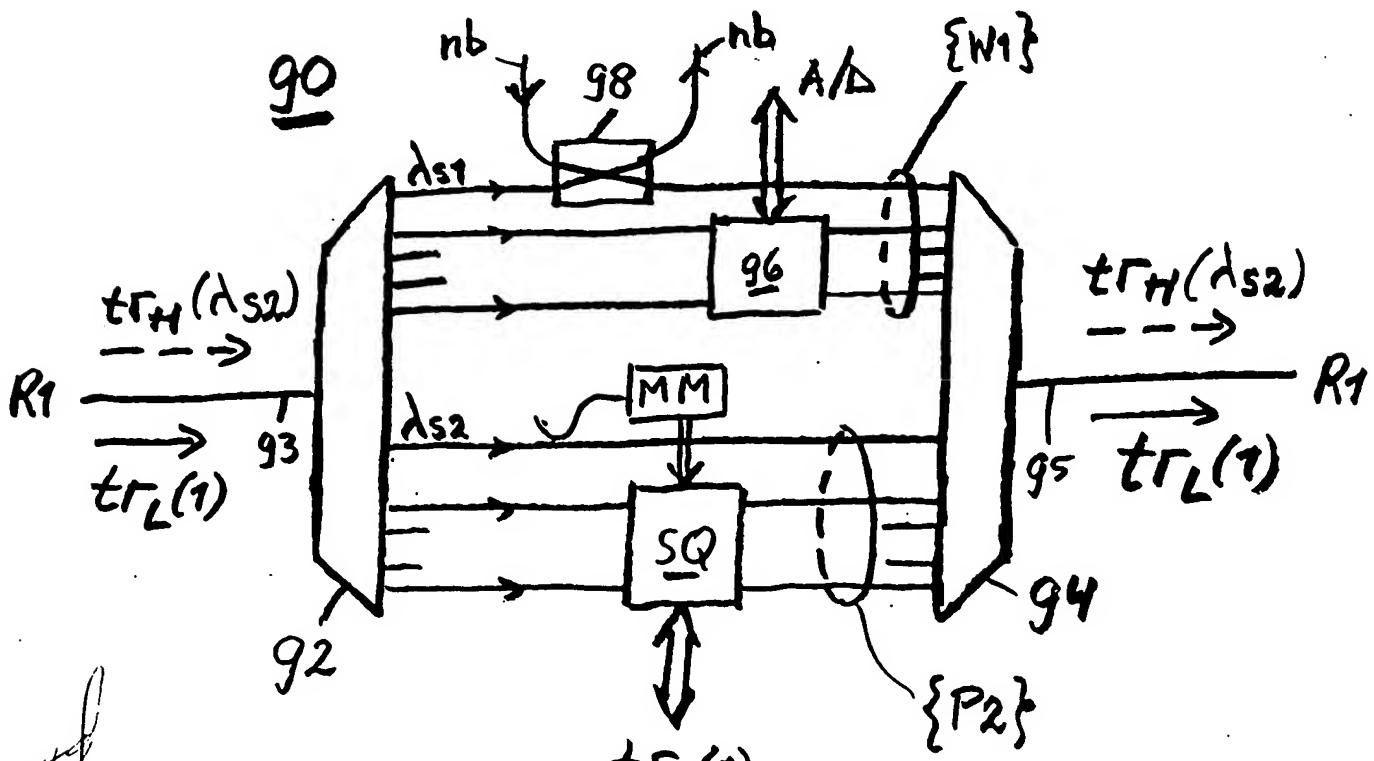


FIG. 9